

Ю. Б. ГИППЕНРЕЙТЕР

Движения человеческого глаза



ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
1978

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Московского университета

Рецензенты:

доктор психологических наук
В. В. Давыдов

доктор психологических наук
В. П. Зинченко

Юлия Борисовна Гиппенрейтер.
Движения человеческого глаза. М., Изд-во Моск.
ун-та, 1978.
256 с.

Монография основана на теоретико-экспериментальном исследовании произвольных и непроизвольных движений глаз человека при решении зрительных, ручных (двигательных), умственных и других задач. Последовательно рассматривается связь внешних характеристик и механизмов организации движений глаз с их местом в структуре деятельности. Приводятся оригинальные методы исследования оперативного поля зрения, зрительного внимания, «единиц» графической деятельности и др.

Книга предназначена для специалистов, работающих в области физиологии и психологии зрения, психофизиологии двигательных актов, инженерной психологии, бионики, а также для широкого круга читателей, интересующихся организацией движений и деятельности человека.

Г 10508—002 6—77
077(02)—78

© Издательство Московского университета, 1978 г.

*Моему учителю
Алексею Николаевичу
Леонтьеву*

●

В этой книге обобщаются экспериментальные исследования, проводившиеся на отделении и затем факультете психологии Московского университета автором вместе с руководимой им группой аспирантов, сотрудников и студентов. Эти исследования были начаты в 1962 г. и продолжаются по настоящее время. Все они посвящены одной большой теме — движениям глаз человека.

В различные периоды работы движения глаз выступали для нас с различных сторон: то они оказывались самостоятельным предметом исследования, то рассматривались как непосредственные проявления зрительной деятельности, то использовались как объективные индикаторы других психических процессов.

Отдельные исследования, вошедшие в настоящую работу, были проведены в порядке выполнения прямого заказа со стороны учреждений или служб, заинтересованных в изучении зрительной системы оператора.

Постоянная связь с практической тематикой была для нас чрезвычайно плодотворной. Она расширяла рамки лабораторных исследований, вводя в них нетрадиционные объекты и задачи, помогая ставить новые вопросы, пересматривать или «заземлять» старые.

В одном отношении эта связь была также крайне поучительна: с самого начала обнаружилось, что действенная помощь практике со стороны психологии может быть оказана только в том случае, если в практически ориентированном исследовании в должной мере соблюдаются интересы теории. В соответствии с этим выводом мы старались не прерывать линию

«собственно академических» исследований.

На протяжении многих лет работа нашего коллектива пользовалась неизменным вниманием со стороны моего учителя проф. А. Н. Леонтьева. Его вклад в нашу работу выражался в весьма разнообразных формах: от общих теоретических идей до практических советов и моральной поддержки. Мы приносим ему глубокую благодарность.

Автор искренне благодарит товарищей, принимавших участие в работе, особенно своих ближайших сотрудников — Л. В. Бороздину, Т. М. Буякас, В. В. Любимова, В. Я. Романова, С. Д. Смирнова, Л. П. Щедровицкого, которые не только внесли существенный вклад в экспериментальную и теоретическую разработку излагаемых здесь вопросов, но и были незаменимыми помощниками в организации всей жизни лаборатории.

Мы благодарим А. Л. Ярбуса за помощь, которую он оказал нам, когда-то новичкам, в овладении его превосходным фотооптическим методом регистрации движений глаз, и за добрые напутствия.

Очень хочется отметить большую работу инженеров лаборатории — В. И. Чернышева, В. А. Обоева, Н. Ю. Вергилеса, А. К. Левко, В. Б. Минеса, К. В. Чекарева, чьи знания, мастерство и изобретательность помогали нам удовлетворять постоянную потребность в усовершенствовании старых и создании новых экспериментальных установок.

Автор благодарит В. В. Лучкова, сделавшего много ценных редакторских замечаний, а также Н. В. Белову, С. В. Жигалко, И. М. Ковину, Н. В. Обоеву и Т. М. Федорову за большую помощь при подготовке текста и рисунков.

Движениям глаз принадлежит исключительное место в деятельности человека: благодаря непосредственной связи с ведущим дистанторецептором — зрением они включены в процессы отражения внешнего мира и в управление поведением.

По образному высказыванию Р. Грегори, глаза — это окна, через которые не только мозгу открывается внешний мир, но и внешнему миру — внутренние процессы самого мозга. На протяжении многих десятилетий физиологи и психологи пытались «заглянуть внутрь мозга» методом регистрации и анализа движений глаз. Исследования движений глаз — их видов, механизмов, свойств, нарушений — составляют важные ветви офтальмологии, нейрофизиологии, физиологии зрения, психологии зрительного восприятия.

Как во всякой усиленно разрабатываемой экспериментальной области, в исследованиях движений глаз существует много различных целей, задач и подходов. Многочисленные исследования, накопившиеся к настоящему времени, можно разбить на три большие категории.

К первой относятся работы, в которых движения глаз выступают как *самостоятельный предмет* исследования. Обширные серии работ посвящены описанию и анализу видов движений глаз: фиксационных, саккадических, следящих, вергентных и других, их кинематических свойств; их временных характери-

стик; пределов скоростей, амплитуд, частот; их точности; зависимости от параметров зрительной стимуляции и т. п. (см. обзоры: Ярбус, 1965; Гуревич, 1971; Robinson, 1968; Lévy-Schoen, 1969; Bach-y-Rita, Collins, 1971). Сюда же можно отнести исследования физиологических механизмов глазных движений: физиологии экстраокулярных мышц, центральных механизмов управления, мозговых нарушений окуломоторных функций (Бинг и Брюкнер, 1959; Матюшкин, 1972; Holmes, 1938; Walsh, 1957; Whitteridge, 1960; Kestenbaum, 1961; Granit, 1971; Bach-y-Rita, 1971). В последнее время к ним присоединились многочисленные кибернетические модели управления движениями глаз (Westheimer, 1954; Robinson, 1964, 1965; Young, 1962; Young, Stark, 1962; Cook, Stark, 1968; Young et al., 1968; Clark, Stark, 1974).

Ко второй категории относятся работы, рассматривающие *роль движений глаз в процессах зрения*. Это направление исследований исторически возникло раньше других, что имеет глубокие основания. Ведь двигательный аппарат глаз составляет часть зрительной системы, и он возник в ходе развития последней для обслуживания ее основных функций. Поэтому анализ движений глаз невозможен без учета их отношения к процессам зрения; с другой стороны, анализ зрительных процессов неизбежно подводит к обсуждению роли и участия в них движения глаз.

Значение движений глаз для процессов зрения обнаруживается в очень различных формах и на различных уровнях. В последние десятилетия широкое распространение получили исследования непосредственного влияния движений глаз на зрительные функции: эффекты образования «пустого поля» при стабилизации объектов относительно сетчатки (Ditchburn, Ginsborg, 1952; Riggs et al., 1953; Ditchburn, Fender, 1955; Pritchard, 1961), эффекты «саккадического подавления зрения» (Latour, 1962; Volkman, 1962; Zuber, Stark, 1966; обзоры: Луук, Романюта, 1972; Митрани, 1973). При обсуждении этих влияний приходится включать в рассмотрение условия функционирования самого низкого уровня работы зрительной системы — рецепторов сетчатки.

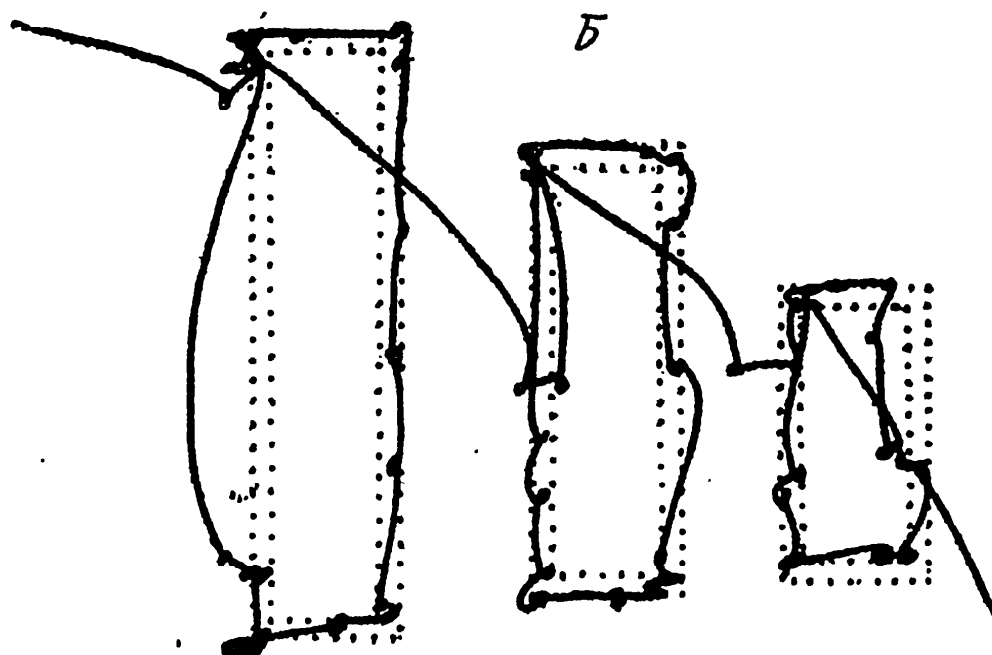
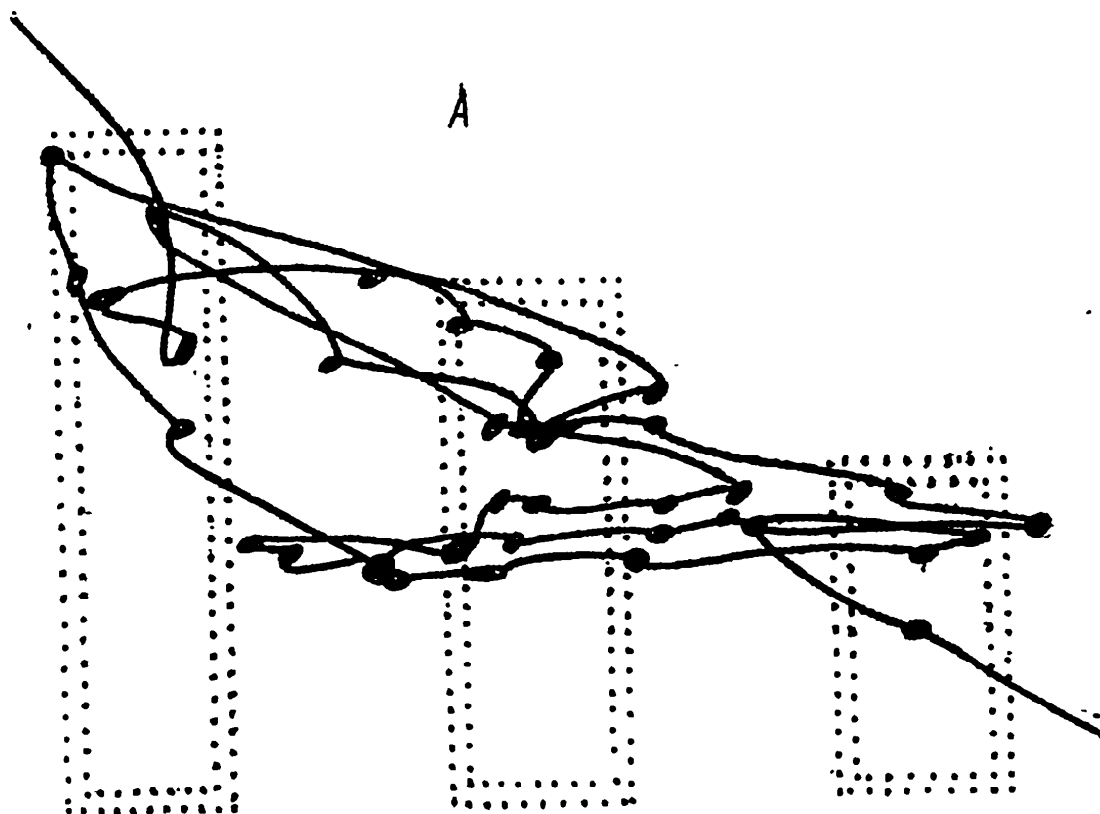
Традиционной темой собственно психологических исследований в рамках этой категории является участие движений глаз в формировании зрительных образов, т. е. включение их в центральные механизмы восприя-

тия. Экспериментальные исследования и теоретическое обсуждение этих вопросов насчитывают по меньшей мере столетие и восходят к работам Г. Гельмгольца, Э. Геринга, И. М. Сеченова и др. Они легли в основу различных вариантов современных «моторных» теорий восприятия и продолжают дискутироваться по сей день.

Наконец, к третьей категории относятся работы, в которых анализ движений глаз используется как *метод исследования* более сложных форм деятельности, в которых зрительное восприятие выступает лишь в качестве компонента, *различных состояний* человека и т. п. Число таких работ стало особенно увеличиваться со второй четверти нашего века с внедрением в психологию объективных методов. Этому способствовало развитие новых методов регистрации движений глаз. Были детально исследованы движения глаз при рассматривании сложных картин (Buswell, 1935; Ярбус, 1965), чтения (Paterson, Tinker, 1944, 1947; Tinker 1947; 1958; Poulton, 1962; Taylor, 1965; Ярбус, 1965; McLaughling, 1969), зрительном поиске (Epoch, Wild, 1957; Epoch, 1959; Ford et al., 1959; White, Ford, 1960; Shackel, 1961), работе с экраном радиолокаторов (Gerathewohl, 1952; Baker, 1967; Williams, 1967) и т. п.

Регистрация движений глаз составила основу специальных методов и экспериментальных процедур. Среди них — измерение длительности зрительного сосредоточения на объекте, которое широко используется при изучении перцептивных функций доречевых младенцев (Hackman, Guilford, 1936; Brandt, 1940, 1945; Fantz, 1964; Leckart, 1966; Венгер, 1969; Блок, 1970), регистрация изменений ширины зрачка как показателя умственной нагрузки и функциональной напряженности (Hess, Polt, 1964; Kahneman, Beatty, 1966; Kahneman et al., 1969; Goldwater, 1972) и др.

Понятно, что работы последней категории имеют более общий психологический смысл, поскольку выводят психологическое исследование за пределы только окуломоторной или только зрительной системы в область разнообразных форм деятельности человека. Однако именно благодаря большим надеждам, возлагаемым на метод регистрации и анализа движений глаз и его растущей популярности, стали выявляться серьезные трудности и проблемы. Результаты слишком многих таких



исследований ограничиваются простым описанием внешней «картины» движений глаз, т. е. данными о длительности, частоте, распределении фиксаций, об амплитуде и количестве скачков, об общей траектории осмотра и т. п. Создается впечатление, что внешние параметры движений глаз приобрели самостоятельный смысл, что, иными словами, не метод работает на исследователя, а исследователь — на метод. Редкие выводы о внутренних

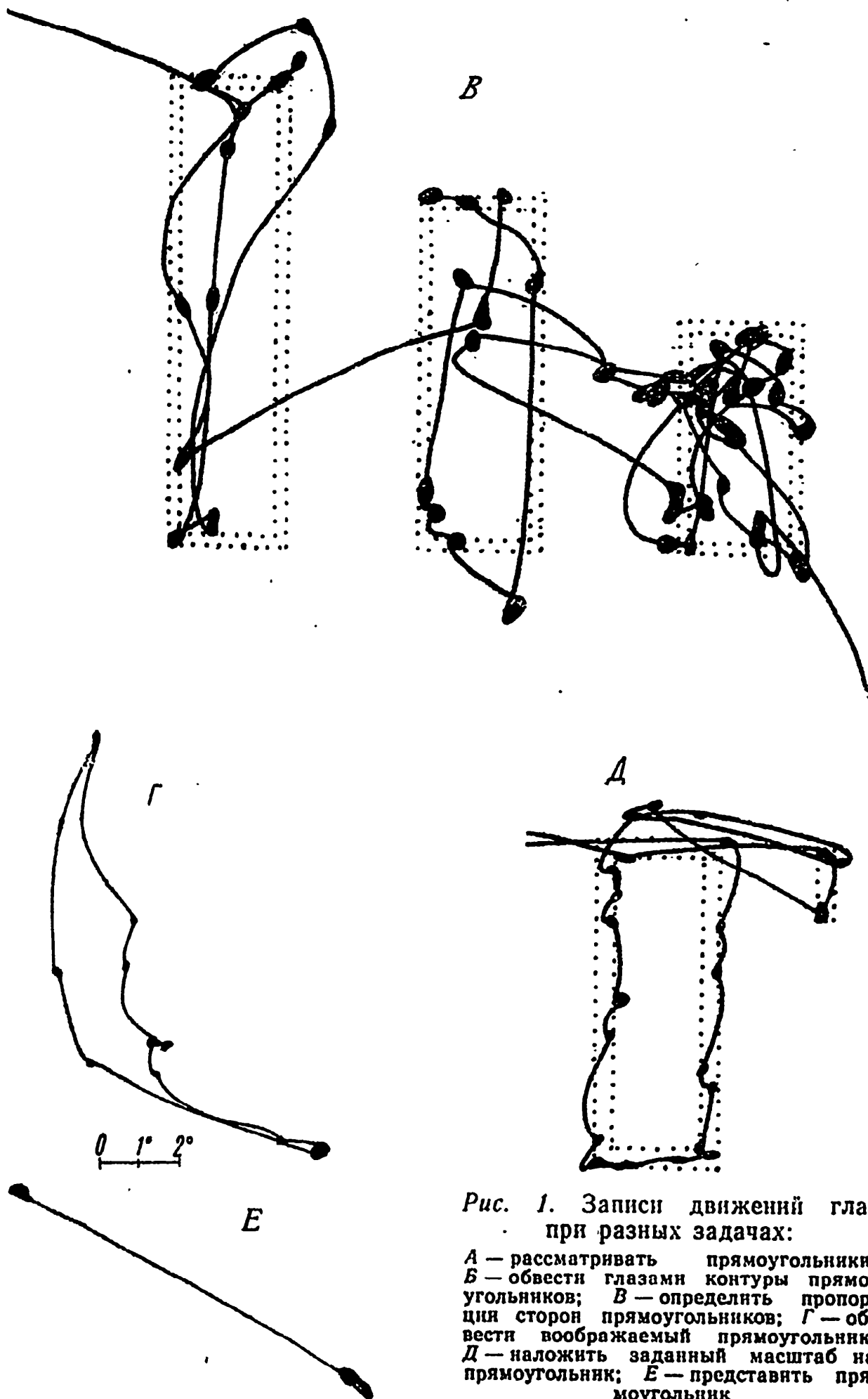


Рис. 1. Записи движений глаз при разных задачах:

А — рассматривать прямоугольники;
 Б — обвести глазами контуры прямоугольников;
 В — определить пропорция сторон прямоугольников;
 Г — обвести воображаемый прямоугольник;
 Д — наложить заданный масштаб на прямоугольник;
 Е — представить прямоугольник

психических процессах оказываются, как правило, недостаточно глубокими или плохо обоснованными.

Причина, на наш взгляд, имеет принципиальный характер. Глазные движения могут быть индикаторами сложных форм деятельности, только если учитываются многообразные и многоуровневые процессы, которые «проецируются» на эти движения или в них отражаются. Это возможно, однако, при наличии единой теоретической концепции, позволяющей объединить в достаточно стройную систему такие различные аспекты деятельности, как ее сознательный контроль и непроизвольные механизмы; афферентное обеспечение действий и эффекторные механизмы перцепции и др.

В настоящей работе делается попытка рассмотреть движения глаз под углом зрения такой общей концепции.

Для того чтобы подойти к систематизации сведений о движениях глаз, нам представлялось необходимым найти ответ на вопрос: каков главный фактор, которым определяются эти движения?

Можно было бы думать, что таким фактором является зрительная стимуляция. Так, неожиданное появление зрительного стимула в поле зрения приводит к установочному скачку глаз; движущийся зрительный объект вызывает следящие движения глаз; существует также мнение, что и форма объекта может «диктовать» глазу траекторию его движения. Однако в действительности свойства зрительного объекта не являются определяющим фактором. Уже первое знакомство с движениями глаз показывает, что при одном и том же объекте траектории их движений могут быть существенно различными (рис. 1).

Другим ответом может быть указание на морфологическую и функциональную неоднородность сетчатки: наличие в центре сетчатки лишь небольшой по размерам области ясного видения — фовеа. Функцией наведения фовеа на рассматриваемый предмет и определяются движения глаз. Однако и этот ответ опровергается непосредственными записями. Известно, что во многих случаях глаза остаются неподвижными в пределах поля зрения, значительно превосходящего размеры области ясного видения, и тем не менее информация в этом поле оказывается воспринятой; с другой стороны, глаза совершают многочисленные движения при оперировании

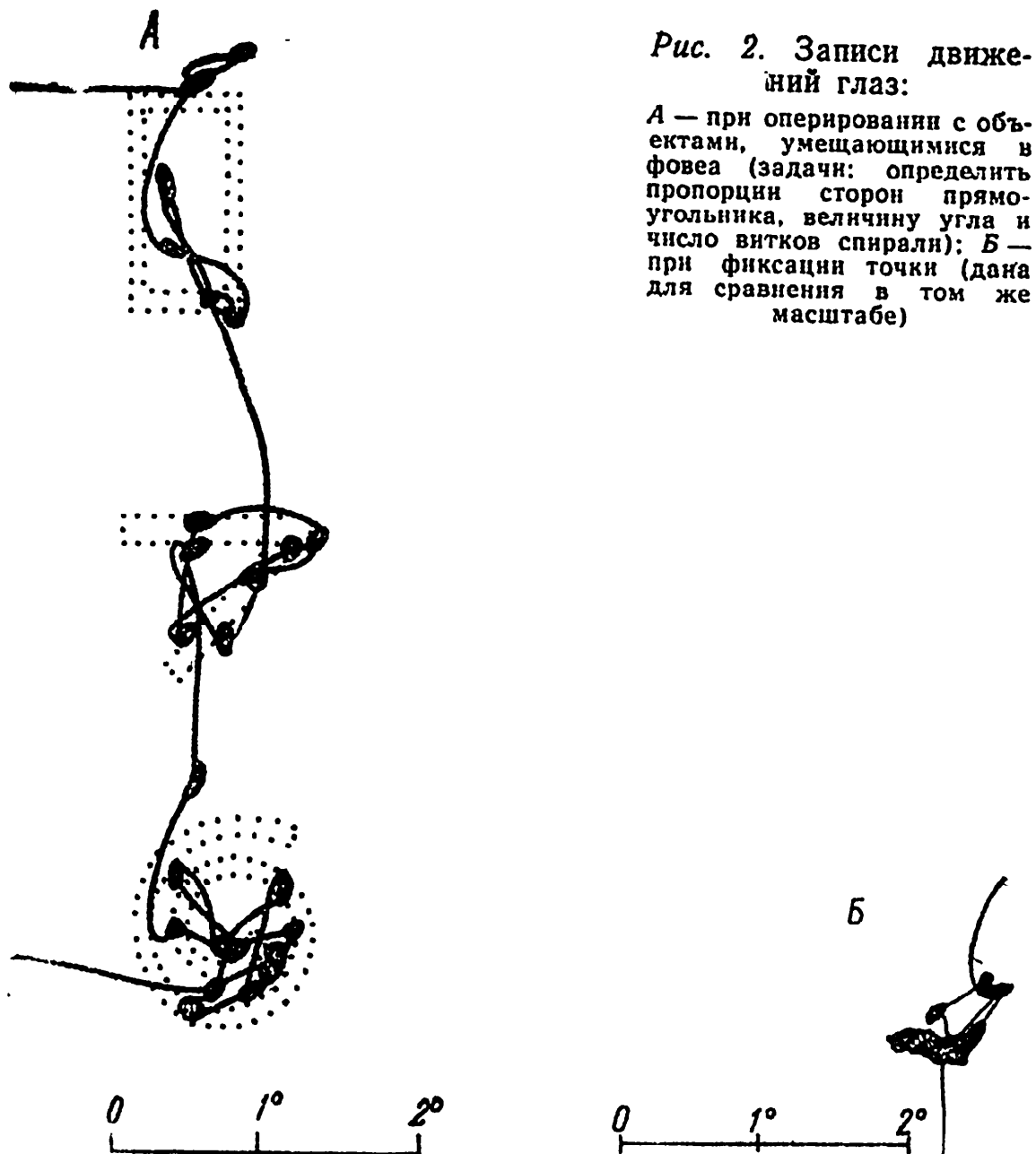


Рис. 2. Записи движений глаз:

А — при оперировании с объектами, уместающимися в фовеа (задачи: определить пропорции сторон прямоугольника, величину угла и число витков спирали); Б — при фиксации точки (дана для сравнения в том же масштабе)

с объектами, целиком уместающимися в поле фовеального зрения (рис. 2).

Анализ многочисленных фактов позволяет прийти к выводу, что главным и безусловным фактором, определяющим движения глаз — их формы, способы, траектории, пространственно-временные свойства и т. п., — является решаемая субъектом задача. Заметим, что именно вариация задачи определила различный характер записей, приведенных на рис. 1.

Этот вывод имеет принципиальное значение. Он говорит о том, что, несмотря на специализацию функций глазных движений, на особенности их свойств, сущест-

венно отличающих их от других движений организма, несмотря на существование большого количества специальных глазодвигательных рефлексов и произвольных механизмов, движения глаз являются элементами целенаправленной деятельности человека, и на них должны распространяться законы организации и динамики этой деятельности.

Общей методологической основой настоящей работы и явилось рассмотрение движений глаз как компонентов и механизмов целенаправленной деятельности человека.

Как общее направление, так и конкретные проблемы настоящего исследования во многом определились двумя теоретическими концепциями, на наш взгляд, близкими и в то же время существенно дополняющими друг друга. Это концепция психологической структуры деятельности А. Н. Леонтьева (1947, 1965, 1975) и теория уровней построения движений Н. А. Бернштейна (1947, 1966).

Обе концепции вводят в качестве одного из основных понятий — понятие *задачи*.

По Н. А. Бернштейну, задача действия — это «результат, который организм стремится достигнуть»; она же определяет ведущий уровень построения движения (1966, с. 307).

То, что Н. А. Бернштейн называет задачей, по терминологии А. Н. Леонтьева, является целью. Задача же для него — это «цель, данная в определенных условиях» (1965, с. 298). Согласно концепции А. Н. Леонтьева, задача определяет состав деятельности, ее основные «образующие».

В настоящей книге мы будем придерживаться следующих определений основных «образующих» деятельности (см., например, Леонтьев, 1965, с. 512—517; 1975, с. 247, 267).

Действие — это целенаправленный процесс, или процесс, отвечающий сознательной цели субъекта.

Содержание всякого действия представляют *операции*. Они определяются как способы выполнения действия. Операции зависят от условий, в которых дана цель, т. е. от задачи.

Механизмом действий и операций являются *психофизиологические функции*. Соответствующие физиологические процессы — реализаторы деятельности — пред-

ставляют собой наиболее низкие уровни структуры деятельности.

В настоящей работе рассматриваются *три* больших класса задач: глазодвигаательные, зрительные и незрительные, или «общие». Задачи каждого класса объединены по характеру определяющих их целей. Им соответствует различная функциональная роль движений глаз в структуре деятельности.

Глазодвигаательные задачи содержат прямое указание произвести то или иное движение глаз. В соответствии с этим движения глаз организуются и осуществляются как целесообразные (соотнесенные с целью) акты, т. е. как действия в указанном значении этого слова.

Зрительные задачи возникают в связи с постановкой зрительных перцептивных целей. Работа собственно зрительных механизмов наполняет содержанием основные, зрительные, действия. Движения глаз составляют конкретные способы осуществления этих действий, т. е. оказываются в ранге их операций.

Наконец, решение *незрительных (общих) задач* происходит благодаря работе таких функциональных систем, в которых зрительная система выступает в роли одного из функциональных «блоков» или подсистем. Основными действиями здесь являются мыслительные, мнемические, двигательные и др. Зрительные процессы входят в состав действий как вспомогательные операции. Движения глаз, сохраняя свое основное назначение обслуживать зрительные процессы, выступают здесь, следовательно, в роли операций операций, или операций второго порядка.

Определение функционального места движений глаз в структуре конкретных видов деятельности было для нас отправным моментом и в то же время связующим звеном в исследовании столь различных аспектов глазных движений, как отражение их в сознании, их участие в процессах зрения, их физиологическое обеспечение и др.

Книга содержит пять глав. Первые три главы посвящены анализу фазических движений глаз в контексте задач трех названных классов: соответственно глазодвигаательных, зрительных и незрительных. В четвертой главе излагаются результаты исследования фиксационных движений глаз при решении задач тех же основ-

ных классов. По существу, параграфы четвертой главы повторяют логику первых трех глав, только применительно к тоническим формам моторной активности глаз. В пятой главе излагаются теоретические итоги работы.

Как уже говорилось, в экспериментальной работе участвовала большая группа товарищей. Укажем соавторов конкретных исследований: Л. В. Бороздина (§ 2.2), Т. М. Буякас (§ 1.4, 3.1, 3.2), М. Д. Густяков, М. И. Заика (§ 2.4), В. В. Любимов (§ 1.2, 1.3, 3.3), Г. Л. Пик (§ 4.5), В. Я. Романов (§ 1.6, 4.1, 4.2, 4.4, 4.6), И. С. Самсонов (§ 4.6), Л. Б. Седакова (§ 2.3), С. Д. Смирнов (§ 1.6, 4.3), В. А. Уразаева, Л. П. Щедровицкий (§ 1.5, 2.1).

●

ГЛАВА I

Работа глаза как двигательного органа

В деятельности человека можно выделить класс задач, при которых двигательная система глаз принимает на себя основную функциональную нагрузку. Обычно в них содержится прямое указание произвести то или иное движение глазами. Примерами могут служить инструкции, используемые в лабораторных или клинических исследованиях, такие, как: «отведите глаза в сторону», «фиксируйте точку», «переведите взгляд с одной точки на другую», «следите за движущимся объектом» и т. д.

Сюда же нужно отнести самоинструкции, возникающие иногда в более сложных ситуациях и заставляющие нас нарочито изменять положение взора или задерживать его в определенной позиции.

Глазами мы можем указывать на предметы, и это движение вполне сравнимо с аналогичным жестом руки. Еще одним ярким примером могут служить некоторые фигуры индийских танцев, например «восьмерка», которую исполнитель должен уметь «выписать» глазами. Наконец, следует вспомнить о «стрельбе глазами». Этот кокетли-

вый жест в наши дни приобрел грозный буквальный смысл: появились технические системы, рассчитанные на наведение орудия глазами (Merchant, 1968).

Задачи, содержащие специальную цель произвести глазами определенное движение, мы называем *глазодвигательными*. При их решении глаз выступает как *двигательный орган*.

Наряду с прямыми глазодвигательными задачами существуют их «замаскированные» варианты, например «найти глазами выход из лабиринта», «определить пункт на карте по заданным координатам» и т. д. В таких задачах наблюдатель должен сначала пройти глазами по маршруту или по линии и лишь затем зрительно оценить содержание того места, в которое «пришел» глаз.

Наконец, организованные перемещения взора входят в решение некоторых глазомерных задач. Обычно в таких задачах содержится (в явной или скрытой форме) указание на способ, которым должны перемещаться глаза, например «наложить» масштаб на отрезок, двигаясь вдоль него, сосчитать глазами предметы, «перебирая» их по одному, и т. д. Чтобы отличить эти задачи от непосредственных зрительных оценок, назовем их *двигательно-метрическими*.

Попытаемся охарактеризовать структурное место и функциональные особенности движений глаз в задачах описываемого класса.

Если задача предполагает одно более или менее простое движение глаз, то это движение выступает как самостоятельное действие: оно возникает в результате постановки цели и ведет к ее реализации. В других случаях, когда решение задачи требует серии движений (например, при обведении контура, при поиске числа в таблице), отдельные движения глаз оказываются уже частными действиями: ведь каждое из них ведет к промежуточной цели (прослеживанию части контура, переводу глаза в ячейку таблицы и т. д.). Легко предположить, что при овладении действиями и, следовательно, укрупнении промежуточных целей отдельные глазные движения могут превращаться в операции. Становясь относительно автоматизированными, менее сознаваемыми актами, эти операции вместе с тем несут печать своего происхождения. В любой момент они могут стать предметом осознания, т. е. вернуться на раннюю

функционально-генетическую ступень и снова превратиться в действия.

Итак, для всего описываемого класса задач характерно, что в них движения глаз *сознательно контролируются* (актуально или потенциально).

Подход к глазу как к двигательному органу позволил очертить круг специальных вопросов, рассмотренных в настоящей главе. Среди них и такие традиционные темы, как пространственные, временные, точностные характеристики произвольных движений глаз, возможности их проприоцептивного и зрительного контроля, центральные механизмы управления, и такие менее изученные вопросы, как взаимодействие произвольных и непроизвольных микродвижений глаз, двигательные координации глаз и руки и др.

Эту главу мы начинаем с кратких обзоров литературных данных, касающихся функционально-динамических характеристик и возможных механизмов движений глаз: в задачах фиксации (§ 1.1), слежения (§ 1.2) и перевода взора (§ 1.3).

Остальные параграфы главы (1.4—1.6) посвящены изложению собственных экспериментальных исследований, которые группируются вокруг двух больших тем. Первая из них — решение глазодвигательных задач в особых условиях, создаваемых зрительной однородностью объектов. Использование однородных множественных объектов оказалось чрезвычайно ценным в методическом отношении: оно позволило «обнажить» некоторые аспекты управления глазными движениями, обычно скрытые в естественных условиях. Вторая тема относится к изучению двигательного взаимодействия глаз и руки.

Хотя функционированию глаза в качестве двигательного органа специально посвящена вся первая глава, мы будем и далее неоднократно обращаться к этой теме, поскольку соответствующие вопросы «выходили на поверхность» в связи с обсуждением других задач (§ 3.1, 4.1, 4.3).

Итоговый обзор этих вопросов мы даем в последней, теоретической главе (§ 5.1), к которой и отсылаем читателя, желающего познакомиться с проблемой в целом.

§ 1.1.

ЗАДАЧИ ФИКСАЦИИ НЕПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА

Фиксации являются основной формой глазодвигательной активности, ведь именно во время фиксаций происходит прием зрительной информации. Может быть поэтому фиксационные движения глаз изучены достаточно подробно.

Большинство авторов в интересах создания «строго контролируемых условий» предлагали испытуемым фиксировать светящуюся точку в полной темноте. Эта ситуация далека от реальных условий работы зрительной системы и в некоторых отношениях прямо противоположна ей: фиксации глаз обычно происходят на свету, на гораздо более сложном и более содержательном объекте, со зрительными, а не двигательными целями.

Ниже (см. настоящий параграф, а также § 4.1, 4.3) мы неоднократно увидим, что вариация каждого из этих факторов (характер фона, объект, цель) влияет на функционально-динамические характеристики фиксационных движений, и иногда — решающим образом. Следовательно, результаты, полученные в лабораторных экспериментах описанного типа, имеют ограниченное значение. Вместе с тем постоянное их условие — *прямая инструкция фиксировать неподвижную точку* — позволяет рассмотреть известные данные по фиксационным движениям глаз как раз в настоящей главе.

Давно известно, что при задаче фиксировать точку глаза совершают ряд произвольных микродвижений. К ним относятся: тремор, дрейф, маленькие скачки. В совокупности эти движения называются иногда спонтанным, или *физиологическим, нистагмом* (ФН).

Одно из первых упоминаний о фиксационных микродвижениях встречается у Г. Гельмгольца (Helmholtz, 1866). Р. Додж (Dodge, 1907) провел довольно тонкие измерения этих движений, «метя» сетчатку послеобразом и наблюдая движения последнего относительно внешней точки фиксации. На протяжении последующих десятилетий многие авторы обращались к исследованию

фиксационных движений глаз, совершенствуя методы регистрации и ставя различные вопросы (Marx, Trendelenburg, 1911; Adler, Fliegelman, 1934; Lord, Wright, 1948; Rattliff, Riggs, 1950; Ditchburn, Ginsborg, 1953; Higgins, Stults, 1953; Fender, 1960; Ярбус, 1956; Dreischel, 1961, 1965). Полученные количественные данные для каждого вида микродвижений глаз приведены в табл. 1—1.

Тремор из всех видов фиксационных движений является наименее изученным. Это связано с его высокой частотой и малой амплитудой: минимальные абсолютные смещения глаза при треморе составляют 1 μ . Регистрация таких колебаний требует очень точной техники и больших усилений.

В нашей лаборатории были разработаны две методики регистрации микродвижений глаз (Гиппенрейтер и др., 1964). На записях, полученных с их помощью, нами отчетливо наблюдались частоты до 200 Гц (что совпадает с данными Fender, 1960) и амплитуды колебаний до 5'' (угловых секунд).

Тремор обоих глаз независим (Ditchburn, Ginsborg, 1953). Зрительные оси глаз при треморе движутся по конусообразным поверхностям (Ярбус, 1965). Предполагается, что тремор представляет собой неполный гладкий тетанус, вызванный разрядами активных моторных единиц глазных мышц (Бернс, 1969).

Более детальное изучение тремора — дело будущего. Судя по другим видам фиксационных движений (см. главу IV), он может оказаться чувствительным показателем важных характеристик зрительных перцептивных процессов.

Дрейф представляет собой относительно медленные плавные смещения глаз. Средняя скорость дрейфа — 5—6 '/с (угловых минут в 1 секунду), максимальная — 30 '/с (Ярбус, 1965). Максимальной скорости *дрейф достигает несколько раз* в секунду. Как и тремор, дрейфы обоих глаз совершаются независимо. Часть дрейфов может быть отнесена на счет конвергенции и дивергенции (Ditchburn, Ginsborg, 1953; Riggs, Niehl, 1960). Причиной дрейфа считается общая нестабильность двигательного аппарата глаз. По мнению большинства авторов, направление дрейфов случайно (Rattliff, Riggs, 1950; Ярбус, 1965; Бернс, 1969). Однако встречаются указания на преобладание у практически здоровых испытуе-

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ
ПРИ ЗАДАЧЕ ФИКСИРОВАТЬ ТОЧКУ
(по Levy-Schoen, 1969)

Автор	Дата	Метод регистрации	Тремор		Скачки		Дрейфы	
			Амплитуда	Частота (в гц)	Амплитуда	Интервал (в сек)	Амплитуда	Частота (в гц)
Dodge	1907	Послеобраз			30'		<10'	
Adler—Fliegelman	1934	Зеркало на глазу	1—2'	50—100	8'	1	2'	5
Lord—Wright	1948	Отражение от роговицы + фотоэлемент	не обнаружен		3—4'	0,6—1		
Ratliff—Riggs	1940—1949	Зеркало на глазу	17,5"	30—70	3—5'	0,2—4	1—5'	2—5
Ditchburn—Ginsborg	1953	»	10—30"	30—80	1—20'	0,03—5	<6'	
Fender	1956	» + фотоэлемент	12"	200				
Higgins—Stultz	1953	Фотографирование кровеносных сосудов на склере	1'	50—100				
Ярбус	1956	Зеркало на глазу	20—40"	80—90	5'			

мых одного направления фиксационных дрейфов (Nachmias, 1959, 1960, 1961; А. Р. Шахнович, 1966).

В наших экспериментах при регистрации горизонтальной составляющей фиксационных движений глаз у большинства испытуемых также была обнаружена латеральная асимметрия дрейфов, одинаковая для обоих глаз (Гиппенрейтер, Романов, 1969, 1973). По преобладающему направлению дрейфов испытуемых можно было, таким образом, разделить на «левых» и «правых»; некоторые испытуемые оказались «центристами» — у них асимметрия дрейфов отсутствовала (рис. 3). Убедительное подтверждение факт асимметрии фиксационных дрейфов получил в исследованиях фиксационного оптикинетического нистагма (ФОКН — см. § 4.1), где попутно обнаружилось, что многие «центристы» являются скрытыми асимметристами.

Физиологическая природа асимметрии дрейфов пока не известна. По нашим данным, она не связана с праворукостью (или леворукостью) испытуемых. Дж. Нахмайес показал также, что ее причиной не может быть неоднородность остроты зрения различных половин сетчатки (Nachmias, 1960).

Скачки, или *саккадические движения* (саккады), обоих глаз при фиксации в отличие от тремора и дрейфа строго согласованы; они происходят одновременно и в одном направлении, обычно противоположном пред-

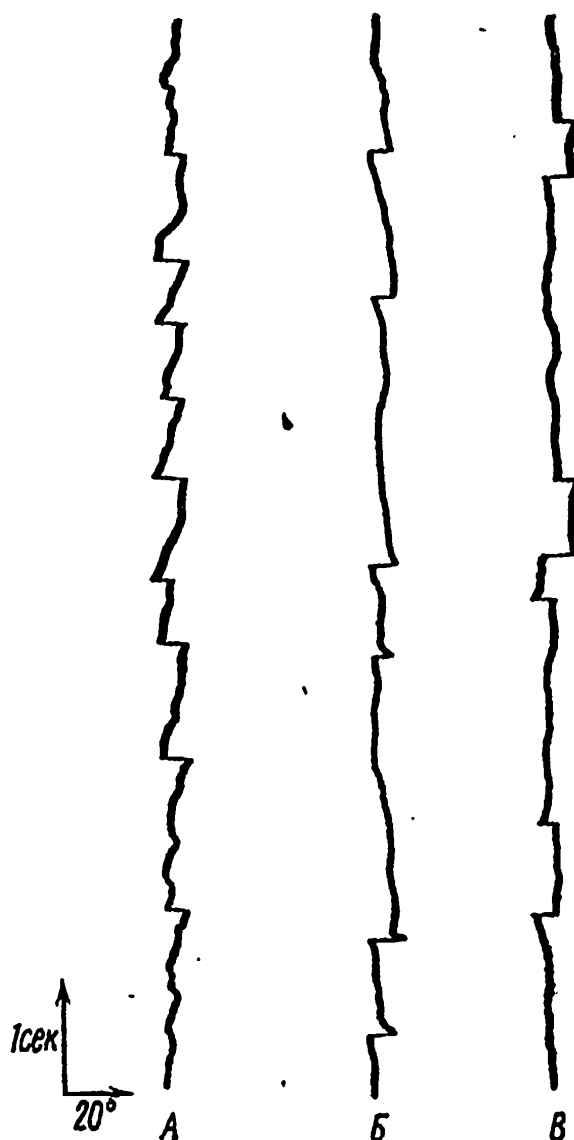


Рис. 3. Записи ФН у трех различных испытуемых:

А — «правосторонний» (исп. Р. М.);
Б — «левосторонний» (исп. М. Л.); В —
«центрист» (исп. И. М.)

шествующему дрейфу. Если в дрейфах преобладает какое-нибудь одно направление, скачки имеют также преимущественно однонаправленный характер (см. рис. 3) (см. также Nachmias, 1959, 1960, 1961; А. Р. Шахнович, 1966; Гиппенрейтер, Романов, 1969, 1973). Амплитуды скачков обоих глаз могут несколько различаться, если в результате дрейфа зрительные оси сместились на неодинаковое расстояние (Krauskopf et al., 1960).

Дрейфы и скачки образуют чередующиеся циклы, которые состоят из медленной и быстрой фаз, что и послужило основанием назвать фиксационные движения физиологическим *нистагмом*.

Широкое распространение получила точка зрения Т. Корнсвита, согласно которой основная функция скачков — исправление ошибки фиксации, наступившей в результате дрейфа. Чем дальше смещается изображение точки относительно центра фовеа, тем больше вероятность наступления коррекционного скачка. При искусственной стабилизации изображения фиксируемой точки относительно центра фовеа происходит резкое сокращение числа скачков (Cornsweet, 1956).

В. Д. Глезер (1959) произвел измерения зоны фовеа, в пределах которой блуждание проекции цели не вызывает поправочного скачка. Он назвал ее «зоной нечувствительности сетчатки». Полученные значения оказались близкими к величине фовеальных рецептивных полей.

В последнее время коррекционная функция скачков, а точнее только их коррекционная функция, все чаще подвергается сомнению. В. Д. Глезер нашел, что значительная часть скачков имеет большую амплитуду, чем это требуется для возвращения точки в зону нечувствительности. Дж. Нахмайэс показал, что коррекция положения глаз может осуществляться с помощью дрейфа и что увеличение скорости дрейфа не приводит к увеличению частоты скачков. На этом основании он заключил, что время, прошедшее с момента предыдущего скачка, — более надежный критерий для предсказания момента наступления следующего скачка, чем величина отклонения линии взора от цели (Nachmias, 1959).

А. Л. Ярбус (1965) отмечал возникновение скачков в тех случаях, когда изображение фиксируемой точки находилось в центре фовеа, т. е. отсутствовал повод для

коррекции. П. Р. Бойс нашел, что только 30% скачков компенсируют отклонение, вызванное предыдущим дрейфом (Bouse, 1967). Н. Г. Проскуракова и А. Р. Шахнович (1968) сообщили аналогичные данные. Р. Стайнман и др. показали, что при произвольной установке испытуемого сдерживать движения глаз во время фиксации скачки тормозятся и успешная фиксация осуществляется за счет одних дрейфов (Steinman et al., 1967). Аналогичные результаты получили А. Фиорентини, А. Эрколес (Fiorentini, Ercoles, 1966) и В. А. Филин, Т. П. Мишинова (1969).

Существует несколько попыток объяснить перечисленные факты, не вписывающиеся в модель Т. Корнsvита. В. Д. Глезер (1959) считает, что назначение некоторых скачков — смена рецептивного поля, которым осуществляется фиксация точки. По мнению А. Л. Ярбуса, конец всякого мигания и скачка, в том числе произвольного скачка при фиксации, является «началом нового процесса видения», поэтому скачки (так же, как и мигания) могут совершаться с целью «обновления зрения» (Ярбус, 1965, с. 93).

Интересную интерпретацию фиксационных скачков дают Р. Стайнман и др. (Steinman et al., 1973). Они обращают внимание прежде всего на то, что задача фиксировать точку достаточно искусственна и ограничивается условиями лабораторных экспериментов. В обычных же условиях глаза регулярно сканируют зрительное поле с целью осмотра, восприятия, поиска зрительных объектов, и это осуществляется с помощью скачков. При фиксации испытуемый с той же регулярностью организует проверку непосредственно примыкающей к точке области, чтобы удостовериться, действительно ли линия взора направлена на точку. Таким образом, скачки при фиксации, по мнению авторов, можно рассматривать как «автоматизированный моторный навык», происшедший от «зрительных» саккад (там же, с. 814). Одно из доказательств этого предположения — обнаруженное Р. Кунитцем и Р. Стайнманом хорошее соответствие частоты микроскачков при фиксации и макросаккад при чтении (Cunitz, Steinman, 1969).

Перечисленные точки зрения на природу и функции фиксационных микроскачков не противоречат друг другу. Более поздние из них содержат лишь более общие формулировки. Действительно, «обновление зрения» не

исключает «смену рецептивного поля», а «возобновление контроля» вполне может включать также «обновление зрения». Наконец, регулярные проверки направления линии взора вполне могут сопровождаться коррекциями положения глаз, хотя эти коррекции, вообще говоря, не обязательны.

Исследования фиксационных движений глаз при решении различных (не только фиксационных) задач позволили увидеть в микроскачках проявление еще более общего процесса — периодического возобновления произвольного контроля в ходе решения любой задачи. Наши эксперименты привели к выводам, сходным с высказанными Р. Стайнманом и др. Однако на этом мы подробно остановимся ниже (в гл. IV).

Рядом авторов исследовалось *влияние физических характеристик точки* на фиксационные движения глаз. По данным Г. Хартриджа (1952), изменение цвета цели ведет к изменению локализации фиксирующей точки в фовеа. Он связывает это с «гипотезой гроздьев» — неравномерным расположением красных, зеленых и других рецепторов в центральной области сетчатки. В прочих отношениях изменение цвета на фиксационные движения глаз не влияет (Ворсе, 1967).

При фиксации плохо видимой точки увеличивается количество скачков (Higgins, Stults, 1953). Хартридж (1952) считает, что в этих условиях происходит смещение фиксирующей точки по направлению к парафовеальным участкам сетчатки, содержащим более чувствительные палочковые рецепторы, причем наблюдатель делает это непроизвольно. Р. Кунитц и Р. Стайнман описали периодические появления и исчезновения плохо видимой цели при задаче фиксировать ее. Они объясняют это явление тем, что испытуемый старается центрировать цель в фовеа и... теряет ее из-за слабой чувствительности колбочек; непроизвольные же дрейфы выводят ее из фовеальной области — и видимость восстанавливается (Cunitz, Steinman, 1967; Steinman, Cunitz, 1968).

При увеличении диаметра фиксируемого объекта частота микроскачков значительно уменьшается (Steinman, 1965). В специальных опытах мы предъявляли испытуемому светящиеся кольца различного диаметра с задачей найти и фиксировать центр кольца. Оптический центр ничем не был выделен, кольца предъявлялись в

полной темноте. Оказалось, что при фиксации центров колец циклический характер движений глаз сохраняется, однако увеличивается амплитуда дрейфов и возвратных скачков. В кольце диаметром 12° она достигала $30'$, в кольце диаметром 5° — $15'$.

Фиксации глаз в полной темноте или в условиях гомогенного поля оказываются малоэффективными. По данным Р. Дичборна и Б. Гинзборга, амплитуда дрейфов и скачков при отсутствии зрительной опоры увеличивается примерно в четыре раза (Ditchburn, Ginsborg, 1953). А. Скейвенски и Р. Стайнман зарегистрировали отклонение глаз от заданной точки на 2° в течение двухминутного пребывания в темноте (Skavensky, Steinman, 1970). По нашим данным, эти значения могут быть гораздо больше. На рис. 4 приводится запись при инструкции фиксировать в полной темноте место погашенной точки. На записи видно, что в течение 15—17 с общее отклонение глаза от заданного положения достигло $5,5^\circ$. Хотя в этот период и происходили поправочные скачки, они не возвращали глаз в исходное положение.

В литературе широко обсуждаются неврологические механизмы фиксационных движений глаз. Обычно эти движения связывают с затылочным (17, 18, 19 поля, по Бродману) и лобным (8 поле, по Бродману) глазодвигательными центрами (Holmes, 1938; Walsh, 1957; Бинг, Брюкнер, 1959; Kestenbaum, 1961). Первый рассматривается как центр рефлекторной, или автоматической, фиксации, называемой также оптомоторным статическим рефлексом; второй — как центр произвольной, или «волевой», фиксации. Однако к этим традиционно описываемым механизмам следует, на наш взгляд, добавить еще один, ответственный за возникновение однонаправленных фиксационных дрейфов. Им может быть подкорковый нистагмогенный центр (Rademaker, Teg-

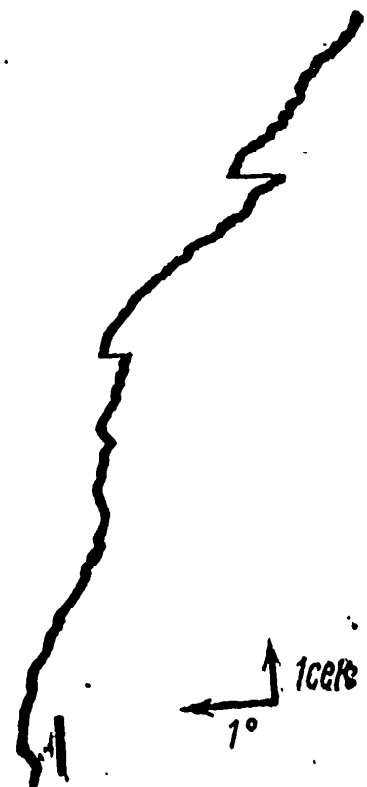


Рис. 4. Запись движений глаз при фиксации места погашенной точки в полной темноте

Начало записи — фиксация реальной точки, период предъявления которой отмечен чертой справа

Враак, 1948); известно, например, что при электрическом раздражении ядер передних двухолмий фиксационные дрейфы в темноте усиливаются (Bergmann et al., 1964; Wolfe, 1969).

Сколько-нибудь подробные сведения о морфологии и функциональных связях указанных центров в настоящее время отсутствуют. Тем не менее делаются попытки описать их взаимодействие на макрофизиологическом уровне. Факты показывают, что центры фиксационных движений глаз образуют иерархическую систему. Дестабилизирующая по своему эффекту активность самого низшего, субкортикального центра дрейфов тормозится затылочным центром рефлекторной фиксации. Последний, в свою очередь, находится в подчинении у лобного центра, который санкционирует начало или прекращение его работы.

Если регулирующее влияние лобного центра отсутствует или нарушено, то фиксация протекает в крайне ригидной форме. Так, у младенцев первого месяца жизни с еще несформированными центрами произвольных действий наблюдается своеобразная прикованность глаз к объекту (Gesell, 1950); сходная картина, называемая «спастической фиксацией», описана у больных с поражением фронтальных центров (Бинг, Брюкнер, 1959). При отключении затылочного центра, например в полной темноте, картину фиксации начинает определять субкортикальный центр. Мы видели, что в результате происходит непрерывный «спływ» глаз с заданной позиции (см. рис. 4). Интересно, что лобный центр не имеет «прямого доступа» к центру произвольных дрейфов: никакими усилиями испытуемому не удастся остановить сплывы глаз. Только включение зрительной стимуляции, вводящее в игру затылочный центр, делает эти усилия эффективными. Затылочный центр определяет также точность фиксации: изменения амплитуды фиксационного нистагма, частоты корригирующих скачков и т. п. являются автоматическими следствиями изменений физических характеристик цели — ее яркости, размеров и т. п. — и не поддаются произвольному контролю.

Итак, фиксация неподвижного объекта человеком при специальной инструкции проходит в режиме своеобразного динамического равновесия, а не в идеальной статической форме, как того требует задача. Такой вид

фиксационного действия является результатом комбинации сознательных усилий субъекта и активности низкоуровневых центров. Они, как и всякие другие автономные физиологические системы, включенные в решение задачи, реализуют наши сознательные усилия и в то же время диктуют свои нормы.

§ 1.2.

ЗАДАЧИ СЛЕЖЕНИЯ ЗА ДВИЖУЩИМСЯ ОБЪЕКТОМ

При наблюдении за движущимся объектом возникают плавные движения глаз. Глаза сопровождают объект, следят за ним. Отсюда название — *следающие*, или *прослеживающие, движения глаз*. В результате этих движений фовеальная область сетчатки постоянно удерживается, или фиксируется на объекте, поэтому иначе они называются *динамической фиксацией*.

Как и статические фиксации, прослеживающие движения совершаются прежде всего в интересах зрения. Однако человеку можно поставить прямую задачу: проследить глазами движущийся объект. Именно в условиях таких лабораторных задач получены основные характеристики следящих движений глаз. Как правило, объектом в них служит световая точка.

Начнем рассмотрение процесса решения глазо двигательной задачи слежения с наиболее простого ее варианта, когда наблюдатель получает инструкцию следить за точкой, равномерно движущейся по горизонтали. Затем остановимся на других разновидностях той же задачи, определяемых скоростью объекта, направлением его движения, законом или траекторией его движения, характером фона и т. п. Единственное, что во всех случаях будет предполагаться неизменным, — это задача следить глазами за целью. Организация прослеживающих движений глаз при других задачах будет рассмотрена в IV главе (§ 4.3).

При задаче следить за точкой, движущейся горизонтально с равномерной скоростью, регистрируются плавные движения, перемежающиеся мелкими скачками. Скачки носят произвольный характер. Функция скач-

ков — ликвидировать позиционное рассогласование между глазом и целью, накапливающееся в результате не совсем точного совпадения скорости глаза и цели.

Степень отклонения проекции точки от центра фовеа, иначе говоря точность слежения, составляет в среднем $5-6'$ и совпадает с точностью статической фиксации (Глезер, 1959).

Если скорость цели больше $5-6'/с$, прослеживающие движения выделяются из фиксационного дрейфа. Указанное значение составляет нижнюю границу скорости прослеживающих движений глаз. По данным А. Л. Ярбуса (1965), при слежении начиная со скорости $10-15'/с$ неупорядоченный дрейф становится практически незаметным.

Верхняя граница скорости глазного прослеживания различна в зависимости от критерия, который кладется в основу ее определения. Длительное непрерывное прослеживание возможно при скоростях, не превышающих $30-40^\circ/с$ (Dodge et al., 1934; Westheimer, 1954; Ярбус, 1965). Если одновременно с глазами движется голова, то верхняя граница поднимается до $60^\circ/с$. При этом величина позиционного рассогласования глаза и цели не превышает 1° (Sampson et al., 1960). В течение коротких отрезков времени и соответственно на коротких участках глаз может проследить цель со скоростью $100-200^\circ/с$. Однако для этого траектория цели должна быть достаточно протяженной, чтобы глаз успел подстроиться под скорость и положение цели (Crawford, 1960; Ярбус, 1965). Наконец, максимальные скорости, которые может развивать глаз, достигают $400-500^\circ/с$. Это происходит во время скачка; если объект движется с той же скоростью и в том же направлении, то на очень короткое время глаз стабилизируется относительно объекта и в этот момент может его отчетливо увидеть (Ярбус, 1965).

Если неподвижная точка, находящаяся в поле зрения, начинает двигаться неожиданно для наблюдателя, то в первый момент глаза отстают от нее, затем с запаздыванием на $150-300$ мс (в среднем 200 мс) совершают поправочный скачок на цель. Иногда установка глаз на цели достигается за несколько скачков (Westheimer, 1954; Crawford, 1960). Вместе со скачками возникают плавные движения, переходящие в собственно прослеживание. Они также начинаются с запаздыва-

нием в среднем на 150 мс. Переходный период, в течение которого скорость плавных движений, вначале незначительная, достигает скорости объекта, по данным различных авторов, колеблется от 100 до 400 мс (Rashbass, 1961; Лаурингсон, Щедровицкий, 1966). Моменты возникновения плавного движения и скачка не связаны жестко. Первое может начаться раньше, быть прервано скачком и затем продолжиться с той же скоростью. С другой стороны, плавное движение часто начинается только после окончания установочного скачка. Несвязанность во времени начал плавного и саккадического движений явилась одним из оснований для предположения о независимости соответствующих механизмов (Rashbass, 1961).

При неожиданном исчезновении объекта глаза продолжают двигаться по экстраполируемой траектории в течение 200—300 мс, затем постепенно останавливаются (А. Р. Шахнович, В. Р. Шахнович, 1964). Если просить наблюдателя продолжать прослеживание внезапно остановившейся или исчезнувшей цели, то плавные движения уступают место скачкам (Хомская, 1962; Lévy-Schoen, 1965).

Слежение за объектом может осуществляться в любом направлении. Однако по данным, полученным в нашей лаборатории В. В. Любимовым¹, в случае асимметрии фиксационных дрейфов безразлично, в каком именно из двух горизонтальных направлений движется объект. Если направления объекта и произвольного дрейфа совпадают, то на более длинных участках скорость плавных движений оказывается близкой к цели и поправочные скачки возникают реже. Если направления дрейфов ФН и объекта противоположны, то скорость следящих движений систематически ниже требуемой: произвольный фиксационный дрейф как бы тормозит активные прослеживающие движения. Соответственно поправочные скачки наступают чаще. Описанный факт был подвергнут статистической обработке, результаты которой представлены на рис. 5. Обращают на себя внимание сдвиги графиков относительно нуля в сторону, совпадающую с направлением дрейфов ФН.

¹ См.: Любимов В. В. О произвольных компонентах следящих движений глаз. — В сб.: Новое в психологии, вып. 2. М., Изд-во МГУ, 1977.

Прослеживание вертикально движущейся цели изучалось О. Батей. Он зарегистрировал вертикальные плавные движения, перемежающиеся вертикальными

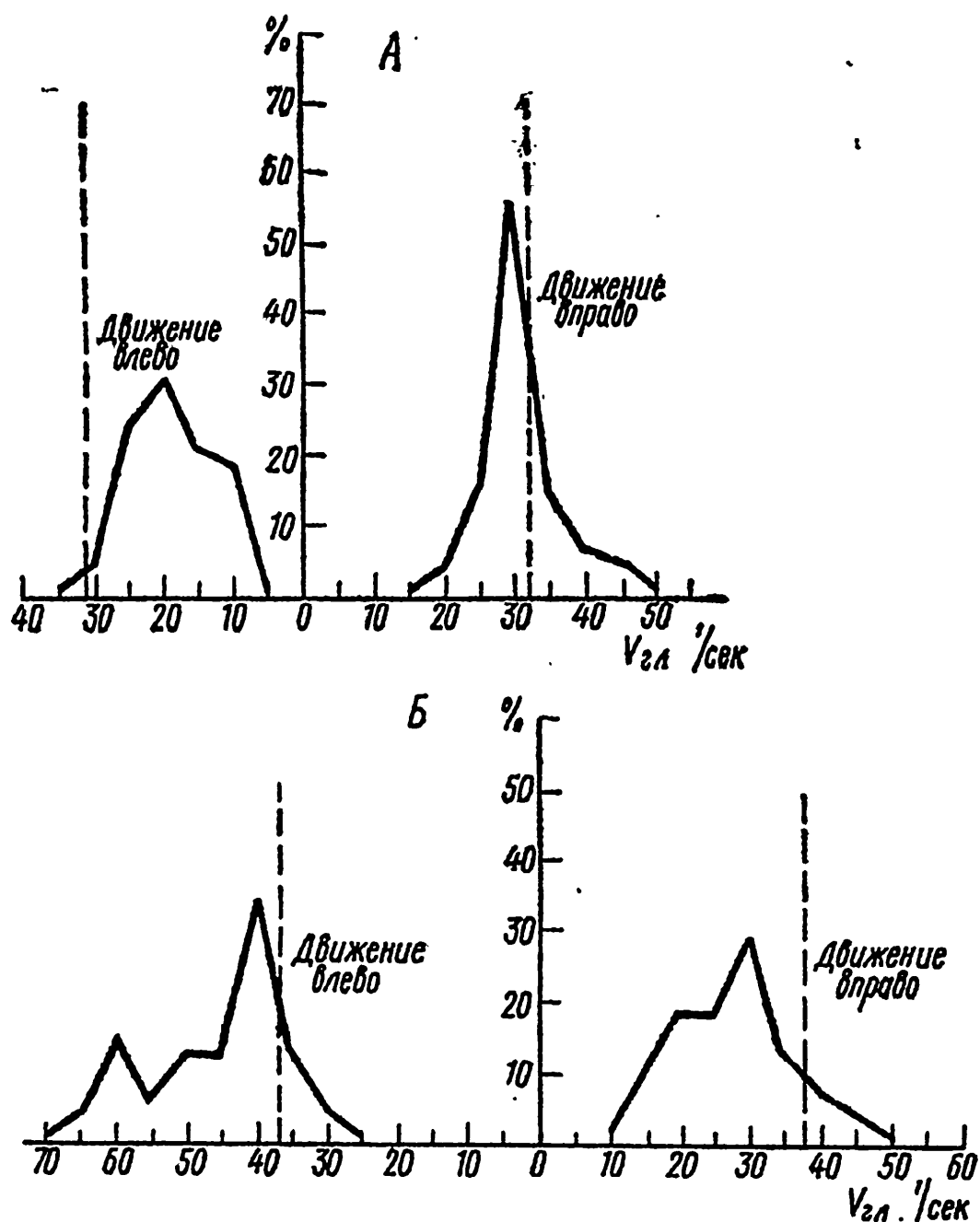


Рис. 5. Кривые распределения скорости плавных движений глаз при слежении за целью на гомогенном фоне: А — «правосторонняя» испытуемая (Р. А.); Б — «левосторонняя» испытуемая (Л. Т.).

Вертикальные штриховые линии указывают скорость цели. Надписи — направление ее движения

саккадами (Bhatia, 1957). Цель, движущаяся по окружности, также может быть плавно прослежена, если время полуоборота не меньше 1 секунды. При частоте 1,25 Гц следящие движения полностью нарушаются (Lévy-Schoen, 1969).

Глаза при изменении скорости прослеживаемого объекта меняют свою скорость либо плавно, либо дискретно. А. И. Лаурингсон и Л. П. Щедровицкий (1965) зарегистрировали участки равноускоренных движений глаз при равноускоренном движении цели. Резкое изменение скорости движения глаз всегда связано с корректирующим скачком и происходит сразу после его окончания (Ярбус, 1965). Время задержки дискретных подстроек скорости глаза составляет в среднем 150 мс (Alpern, 1962).

В ряде работ рассматривалось глазное слежение при движении цели по сложным траекториям. Возвратно-поступательные движения, дающие на временной развертке правильную синусоиду, интересны тем, что, с одной стороны, при них постоянно меняются скорость и направление движения, с другой стороны, эти изменения регулярны и, следовательно, предсказуемы. В этих условиях через короткий промежуток времени глаза подстраиваются под движение цели и начинают вместе с ней плавно менять скорость и направление, хотя время от времени наблюдаются также поправочные скачки. Хорошее согласование движений глаз и цели возможно, однако в небольших частотных пределах, когда колебания цели не превышают 1—1,5 Гц (Sunderhauf, 1960; Хомская, 1962; Lévy-Schoen, 1965). На этой частоте фазовый сдвиг составляет всего 10° , а на более низких частотах — 5° (Sunderhauf, 1960). При возрастании частоты амплитуда колебаний глаз становится меньше амплитуды цели, а вслед за этим нарушается их частота (Fender, Nye, 1961; Хомская, 1962).

Если цель движется так, что на временной развертке получается не синусоидальная, а периодическая прямоугольная форма, то глаза переходят от плавного слежения к скачкам со статическими фиксациями в крайних позициях. При этом латентный период скачков уменьшается с каждым периодом цели, а спустя 4—5 периодов глаза движутся синхронно с целью или даже опережая ее (Dallos, Johns, 1963).

При непредсказуемых колебательных движениях цели запаздывание глаз по фазе достигает 90° (Stark et al., 1962); так же резко снижается точность отработки глазом скорости цели. Если цель движется в трехмерном пространстве, то на согласованные прослеживающие движения глаз накладываются движения кон-

вергенции и дивергенции, механизмы которых, по мнению некоторых авторов, независимы (Rashbass, Westheimer, 1961).

При периодически повторяющемся движении цели в одну сторону возникают характерные движения глаз, называемые *оптокинетическим нистагмом (ОКН)*. Традиционным объектом для исследования ОКН служат вертикальные черно-белые полосы, движущиеся в горизонтальном направлении. ОКН состоит из медленных фаз, в течение которых осуществляется собственно прослеживание, и возвратных скачков в исходную позицию.

В нашей лаборатории в опытах В. Я. Романова² было показано, что при *двигательной* инструкции: «прослеживать полосы от одного края экрана до другого» и *зрительной* инструкции: «смотреть на движущиеся полосы так, чтобы они все время воспринимались отчетливо», ОКН различается по ряду параметров. В первом случае медленные фазы ОКН имеют регулярную амплитуду; по их ходу совершаются поправочные скачки; началу каждой из них предшествуют своеобразные «зубцы», в которых дискретно увеличивается скорость медленных фаз вплоть до скорости полос (рис. 6,А). Во втором случае амплитуда медленных фаз короче и менее регулярна, поправочные скачки и настроенные «зубцы» в медленных фазах отсутствуют (рис. 6,Б).

В контексте данной главы нас интересует ОКН при двигательной задаче, или «двигательный ОКН». Если исключить «зубцы», которые, как выяснилось позже, связаны с ожиданием удобного момента для начала прослеживания и «сдвигиваниями» глаз появляющимися в этот период на экране границами контрастов, то в остальном плавные фазы «двигательного ОКН» практически ничем не отличаются от прослеживания равномерно движущейся цели. Они имеют тот же предел скорости, до которого возможно точное прослеживание, т. е. порядка 20—30°/с (Тег-Вгаак, 1936; Rademaker, Тег-Вгаак, 1948; А. Р. Шахнович, В. Р. Шахнович, 1964); характеризуются той же точностью, содержат поправочные скачки, случающиеся примерно с той же частотой, и т. п.

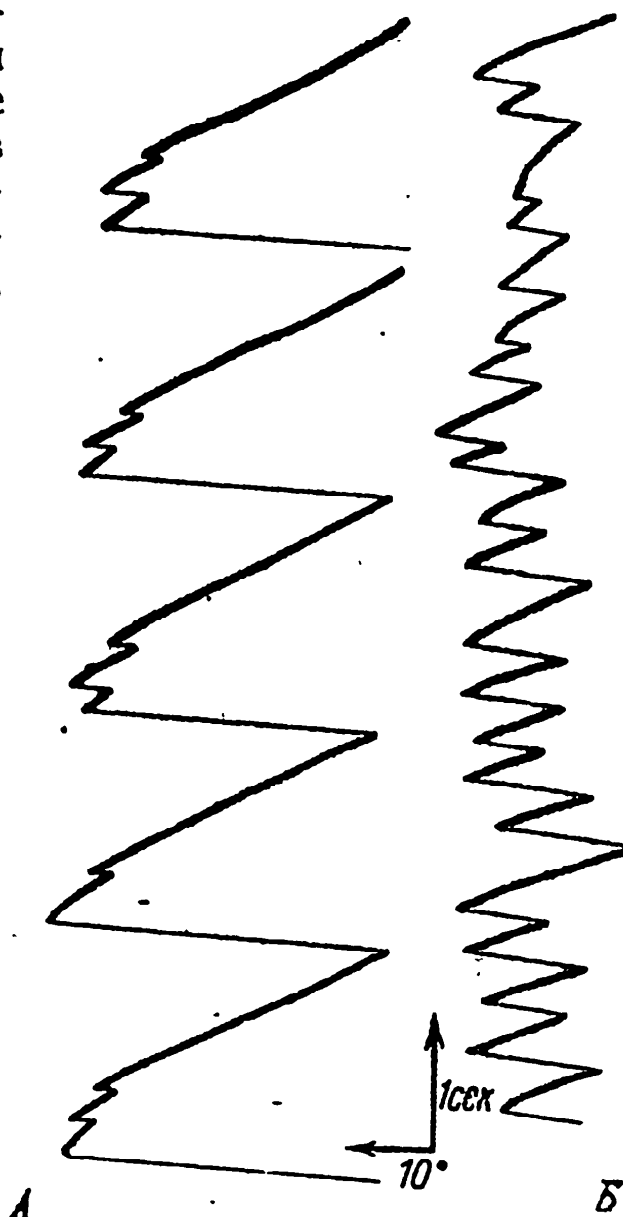
При изучении ОКН были получены факты, касаю-

² См.: Романов В. Я. Фиксационный оптокинетический нистагм как метод исследования уровней работы зрительной системы. Дипломная работа. М., 1967.

щиеся влияния на глазное прослеживание размеров движущегося объекта. В частности, при помещении испытуемого внутрь вращающегося барабана с вертикальными черно-белыми полосами создавались условия, когда движущийся объект занимает все поле зрения. Оказалось, что в этих условиях прослеживающие движения возникают с неизбежностью, даже если задача прослеживания не ставится; более того, усилия испытуемого затормозить их оканчиваются неудачей. Обсуждая эти движения, Тер-Браак предположил, что здесь мы имеем дело с низкоуровневой, субкортикальной формой нистагма (Ter-Braak, 1936). Позднее его точка зрения получила подтверждение в

Рис. 6. Оптикинетический нистагм при двух различных инструкциях:

А — «прослеживать движущиеся полосы от одного края экрана до другого»; Б — «смотреть на движущиеся полосы так, чтобы они воспринимались отчетливо»



острых опытах на обезьянах: в случае двустороннего удаления полушарий мозга нистагм при движении всего поля зрения сохранялся и даже приобретал более регулярный характер (Pasik et al., 1959; Handerson, Crosby, 1959; Davson, 1963).

Еще один способ введения глаз в режим произвольного прослеживания путем предъявления большой части движущегося поля описан А. Л. Ярбусом (1965). Автор помещал на глаз испытуемого присоску с зеркальцем, повернутым так, что испытуемый мог видеть окружающее только через зеркальце. При этом движения глаз вызывали смещение видимых изображений в

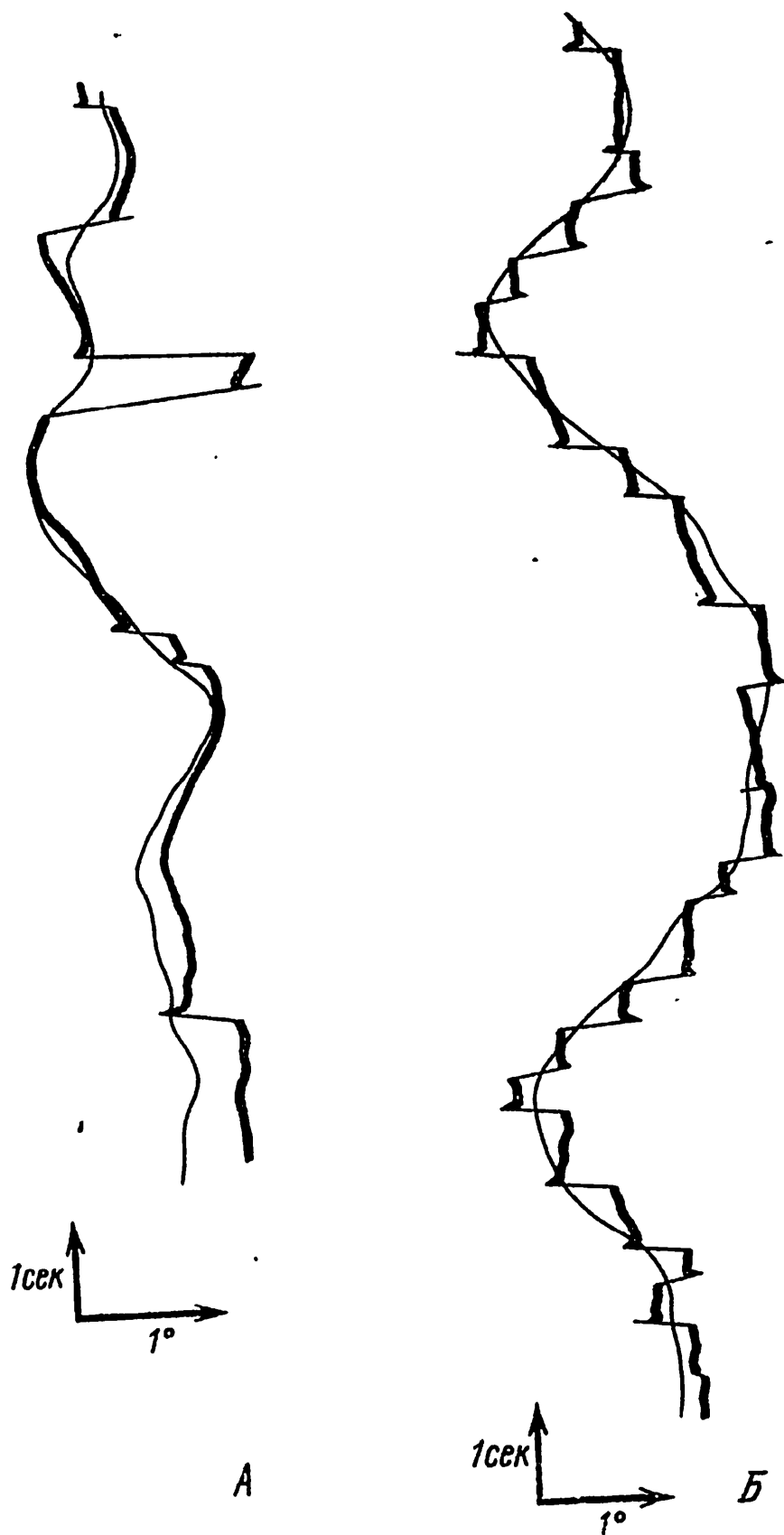


Рис. 7. Записи движений глаз при слежении за целью, совершающей непредсказуемые возвратно-поступательные движения по горизонтали (исп. Л. Т.):

А — на гомогенном фоне; Б — на гетерогенном фоне

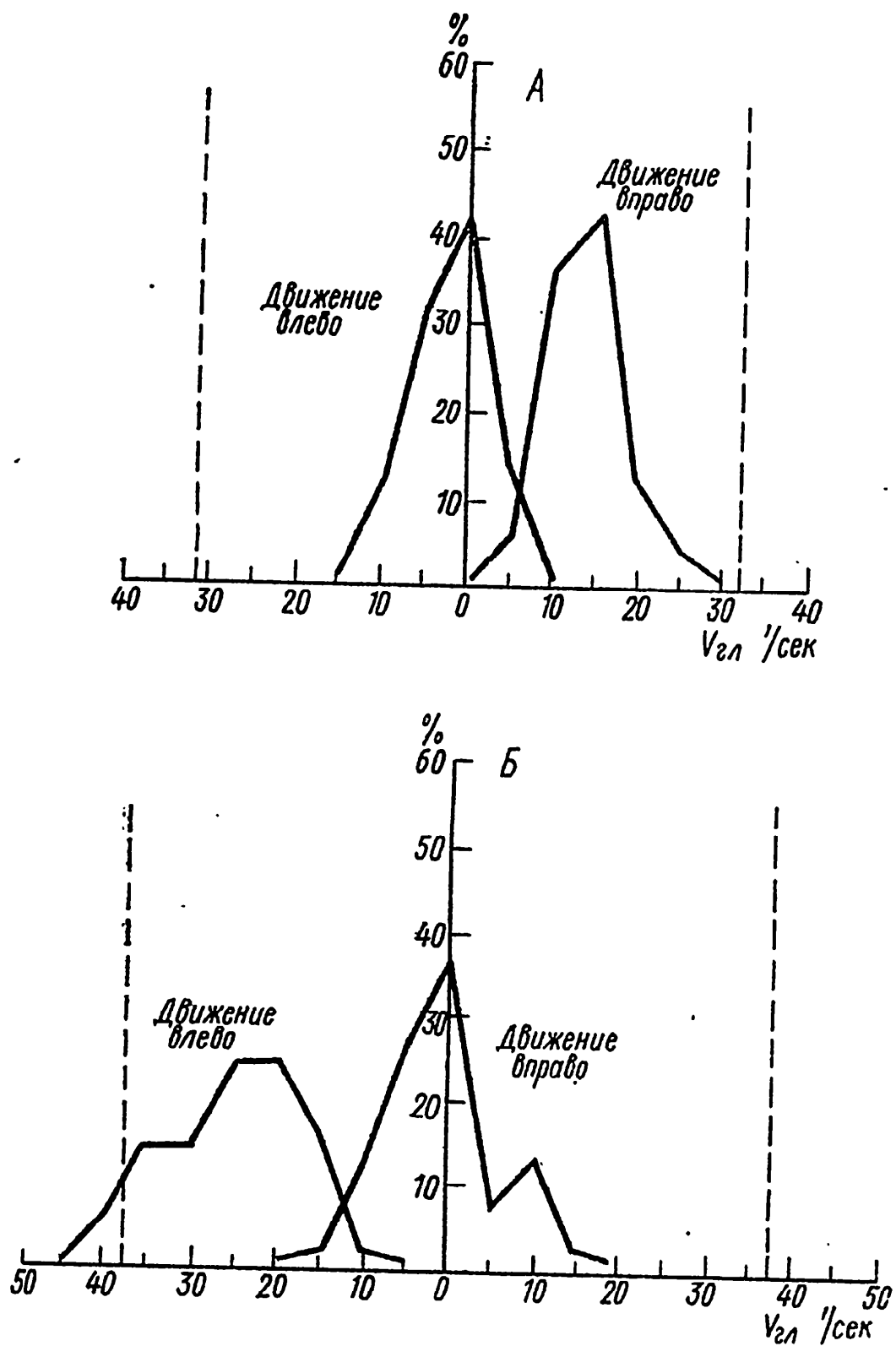


Рис. 8. Кривые распределения скорости плавных движений при слежении за целью, движущейся на гетерогенном неподвижном фоне:

А — «правосторонняя» испытуемая (Р. А.); Б — «левосторонняя» испытуемая (Л. Т.).

Вертикальные штриховые линии указывают скорость цели; надписи — направление ее движения

непривычную сторону. Если испытуемый старался рассмотреть какой-либо предмет, то включалась система произвольного прослеживания. Дело кончалось тем, что глаза начинали совершать колебательные движения, которые испытуемый не мог остановить, пока не прекращался опыт.

В нашей лаборатории исследовалось влияние характера фона, по которому движется цель, на прослеживающие движения глаз. В опытах В. В. Любимова (1973) было обнаружено, что гетерогенный неподвижный фон, если он достаточно контрастен и протяжен, влияет на следующие движения глаз, замедляя их скорость. На рис. 7 приведены записи при задаче следить за целью, совершающей непредсказуемые возвратно-поступательные движения в условиях гомогенного и гетерогенного неподвижных фонов (последний был представлен неподвижными вертикальными черно-белыми полосами). На записях отчетливо видно уменьшение во втором случае скорости плавных движений. Тормозное действие гетерогенного неподвижного фона вместе с описанной выше асимметрией прослеживающих движений глаз представлено на рис. 8. На графиках видны сдвиги максимумов кривых к нулю (действие фона — ср. с рис. 5) и несимметричность сдвига максимумов при левом и правом направлениях движения цели (действие асимметрии дрейфов ФН — ср. левую и правую стороны графиков у каждой испытуемой).

При рассмотрении *механизмов следящих движений* в литературе обычно обсуждаются следующие два взаимосвязанных вопроса: 1. Одинаков ли механизм плавных движений глаз и скачков? и 2. Какие стимулы являются адекватными для запуска и функционирования плавных движений?

На первый вопрос существуют два противоположных ответа. Согласно одному, плавные движения возникают в результате непрерывного погашения глазом минимальных отклонений проекции движущейся точки от центра фовеа, которое осуществляется тем же механизмом, что и макроскачки. Так, например, Лейдер считает, что плавные движения состоят из огромного числа маленьких скачков. Чередования скачков и остановок имеют такую высокую частоту, что они регистрируются как слитное движение (по Kestenbaum, 1961). В качестве аргумента в пользу такого взгляда А. Кес-

тенбаум приводит так называемые зубчатые движения глаз у детей до трехмесячного возраста, наблюдаемые при сопровождении глазом плавно движущегося объекта. Этот тип движений предшествует возникновению плавных движений, что дает Кестенбауму основание рассматривать его как переходный от макроскачков к плавному слежению.

Вторая точка зрения состоит в том, что глаз при прослеживании работает не по принципу компенсации уже возникших отклонений, а как бы предупреждает их путем воспроизведения скорости объекта. Согласно этому представлению погашение отклонений проекции точки от центра фовеа, происшедшее в результате непредсказуемого движения объекта, осуществляется при помощи скачков, а для обеспечения плавных движений существует самостоятельный механизм, в основе которого лежит оценка скорости и направления движения объекта. В пользу этой точки зрения, которой, кстати, придерживаются большинство авторов (Bhatia, 1960; Rashbass, 1961; А. Р. Шахнович, В. Р. Шахнович, 1964; Ярбус, 1965; Лаурингсон, Щедровицкий, 1965; Кропман, 1966), говорят экспериментальные данные и факты из области патологии.

В качестве дополнительного аргумента в пользу различия механизмов скачков и плавных движений К. Рэшбасс указывает на независимые флуктуации времени скачка и плавного движения, имевшие место в его опытах, а также на избирательное действие различных медикаментов на скачки и плавные движения, полагая, что в основе этих механизмов лежат различные нервные субстраты.

В клинике локальных поражений мозга, так же как и для случая статистической фиксации, выделены различные глазодвигательные центры для плавных и скачкообразных движений. При поражении лобных областей (8 поле) нарушаются произвольные скачки и сохраняются следящие движения (Бехтерев, 1907; Holmes, Horrax, 1919; Хорошко, 1921; Kleist, 1934; Foerster, 1936; Бинг, Брюкнер, 1959; Хомская, 1963). При поражении заднего глазодвигательного центра, напротив, наблюдается нарушение оптически вызываемых плавных движений (Бехтерев, 1907; Holmes, Horrax, 1919, 1936; Foerster, 1936). Мнение о функциональной автономии лобных и затылочных глазодвигательных центров под-

крепляется данными морфологии о отдельных проекционных путях от передних и задних глазодвигательных центров к окуломоторным ядрам (Poliak, 1932).

Вопрос о том, что является стимулом, адекватным для запуска следящих движений, был предметом специального исследования в экспериментах К. Рэшбасса (Rashbass, 1961). С помощью остроумной методики он показал, что плавные движения глаз вызываются самим фактом движения объекта, а не нарастающим рас-согласованием положения объекта и центра фовеа.

Суммируя сказанное, можно следующим образом представить себе работу системы прослеживания. Динамическая фиксация обеспечивается работой двух различных механизмов: плавных движений и скачков. Плавные движения возникают на основе оценки направления и скорости смещения проекции объекта на сетчатке; данные направление и скорость (или ускорение) поддерживаются до тех пор, пока не наступит рассогласование между движением глаз и объекта. Отклонение проекции объекта от центра фовеа в начале движения объекта или накопившееся за время несогласованного движения объекта и глаз компенсируется скачком глаз. Если во время слежения объект меняет направление или скорость, новые характеристики его движения оцениваются и воспроизводятся системой плавных движений через стандартное время реакции (150 мс).

§ 1.3.

ЗАДАЧИ ПЕРЕВОДА ВЗОРА ИЛИ НАВЕДЕНИЯ ГЛАЗ НА ОБЪЕКТ

Если человеку предлагается перевести взгляд в заданную точку, то он решает эту задачу с помощью скачка. При поиске, чтении, рассматривании сложных объектов скачки обеспечивают перемещение фовеального зрения. В зрительных задачах они практически не осознаются. Так, отойдя от картины, которую рассматривали в течение некоторого времени, мы не можем сказать, сколько скачков произвел наш глаз, какова была амплитуда каждого скачка, в каких именно точках объекта завершился каждый скачок, какова была общая траектория движений глаз и т. п. Осознавалась картина и ее детали, а не движения глаз. Однако при

специальной двигательной задаче скачки осознаются и контролируются значительно лучше.

Рассмотрим основные характеристики скачков, производимых в условиях двигательной задачи: их амплитуду, скорость, длительность, точность, латентный период. Охарактеризуем также возможность произвольного управления каждым из этих параметров.

Амплитуда скачков в контексте двигательной задачи определяется локализацией точки, в которую, согласно инструкции, должен быть переведен взор. Минимальная амплитуда произвольных скачков, по данным А. Л. Ярбуса (1965), соизмерима с величиной произвольных скачков при фиксации. Максимальная амплитуда скачков достигает 60° . При больших амплитудах скачки, как правило, сопровождаются поворотом головы, если нет специальной инструкции, запрещающей это движение. При отстоянии точки более чем на $15\text{--}20^\circ$ более типичны повороты глаз, состоящие из двух и более скачков. Промежуточные фиксации между ними длятся в среднем $0,174 \pm 0,002$ с (Гуревич, 1971). Субъектом эти фиксации в составе сложного поворота не осознаются.

Продолжительность и скорость скачков исследовались многими авторами (Dodge, Cline, 1901; Tinker, 1947; Westheimer, 1954; Mackensen, 1958; Bartz, 1962; White et al., 1962; Robinson, 1964). Было установлено, что эти параметры определяются амплитудой скачка (углом поворота глаз) и не зависят ни от его направления, ни от положения глаз перед скачком, ни от субъективной установки наблюдателя на замедление или ускорение скачка. Зависимость продолжительности скачка от его амплитуды выражается эмпирической

формулой: $T = 0,021 \alpha_0^{\frac{2}{5}}$ (Ярбус, 1965), где T — продолжительность скачка в секундах, α_0 — амплитуда скачка в градусах.

Таким образом, продолжительность скачка измеряется сотыми долями секунды: от $0,01\text{--}0,02$ с для минимальных скачков до $0,07$ с для скачков порядка 20° . В процессе скачка скорость глаз постепенно нарастает, примерно в средней части достигает максимума и затем плавно убывает. Максимальная скорость глаз при амплитуде скачка 5° достигает $200^\circ/\text{с}$, при амплитуде 20° — $450^\circ/\text{с}$. Скорость глаз при скачке не поддается произвольному управлению. Инструкция произвести

скачок быстрее лишь укорачивает длительность промежуточных фиксаций, если они имели место, скорость же скачков остается прежней (Ярбус, 1956; Туревич, 1971). Большие скорости и малые продолжительности скачков создают благоприятные условия для зрения: на скачки приходится около 5% времени, остальные 95% времени глаз находится в состоянии фиксации.

Латентный период скачка глаз — время, проходящее с момента появления сигнала, на который должен быть переведен взор, до начала скачка, — колеблется в пределах от 150 до 300 мс и в среднем составляет 200—250 мс. Индивидуальные различия латентных периодов довольно велики (Hackman, 1940; Bartz, 1962). Средний латентный период у двух испытуемых может отличаться на 50 мс (White et al., 1962). Лезевр (Lesevre, 1964, 1967) показал, что скачки вправо и вверх в среднем на 40 мс совершаются быстрее, чем влево и вниз. Латентный период скачка зависит также от степени периферичности сигнала: чем менее периферичен сигнал, тем меньше латентный период (Bartz, 1962; White et al., 1962; Гиппенрейтер, 1964). По данным Уайта и др. (White et al., 1962), латентный период скачка на стимул, расположенный в 10° от точки фиксации, в среднем составляет 245 мс, а на стимул, расположенный в 40° от точки фиксации, — 285 мс.

За время, соответствующее латентному периоду, в нервных центрах завершается формирование команд о направлении, амплитуде и соответственно скорости скачка. Скачок имеет баллистический характер: начавшись, он не может изменить направление или амплитуду. Если в момент начала скачка или за некоторое время до его начала (в пределах 50 мс) изменить положение сигнала, то глаз все равно совершает скачок на прежнее место сигнала, а затем с обычным латентным периодом производит второй скачок на новое место (Bartlett et al., 1961).

Точность зрительно афферентируемых скачков имеет порядок 4,5—6 угл. мин (Лаурингсон, Щедровицкий, 1965). В ряде случаев основной скачок сопровождается маленьким поправочным скачком, но и тогда амплитуда первого скачка отклоняется от заданной не более чем на 18—30 угл. мин (те же авторы). Если глаза совершают скачок в темноте — на место исчезнувшего сигнала или на заданный, предварительно заученный

угол, то в этих случаях скачок афферентируется сигналами, приходящими из самой глазодвигательной системы: либо проприоцептивным, либо иннервационным образом движения. В этих случаях точность скачка становится существенно ниже и характеризуется величиной порядка 1° (Вергилес и др., 1966).

Вопрос о возможности произвольного управления микроскачками глаз представляет специальный интерес в связи с проблемой «собственных двигательных шумов» глаз (см. ниже § 1.5—1.6). Впервые он был поставлен А. Ландольтом. Ландольт считал, что, уменьшая угловые расстояния между объектами, можно найти предел, дальше которого произвольные движения глаз невозможны. Автор предлагал испытуемым считать равномерно расположенные вертикальные штрихи, постепенно удаляя их от глаз испытуемых. Расстояние, начиная с которого испытуемые не могли считать штрихи, хотя и хорошо их различали, он считал показателем наименьшей возможной амплитуды произвольных движений глаз. Однако А. Ландольт не производил регистрации движений глаз, и его предположение долгое время оставалось непроверенным (Landolt, 1891).

Выше мы приводили точку зрения А. Л. Ярбуса, что наименьшая амплитуда произвольных скачков глаз соизмерима с амплитудой непроизвольных скачков при фиксации. Автор приводит результаты своих экспериментов, в которых он предлагал испытуемым поочередно фиксировать пару точек, находившихся на расстоянии 8 угл. мин. Скачки регистрировались не во всех случаях. Часто решение задачи проходило, по словам автора, лишь в форме «движения внимания». Внешнее поведение глаз при этом совпадало с тем, которое наблюдается при фиксации одной неподвижной точки.

Нами были повторены эксперименты А. Л. Ярбуса. Задачей опытов было выяснить, при каком минимальном расстоянии между точками будет происходить объективное изменение позиции глаза, связанное с поочередной субъективной фиксацией точек. Набор расстояний между точками был расширен от наименьших до наибольших значений непроизвольных фиксационных скачков, т. е. от 2 до 20 угл. мин³.

³ Две угловые минуты между центрами точек были практически минимально возможным расстоянием, так как сами точки имели диаметр порядка одной угловой минуты.

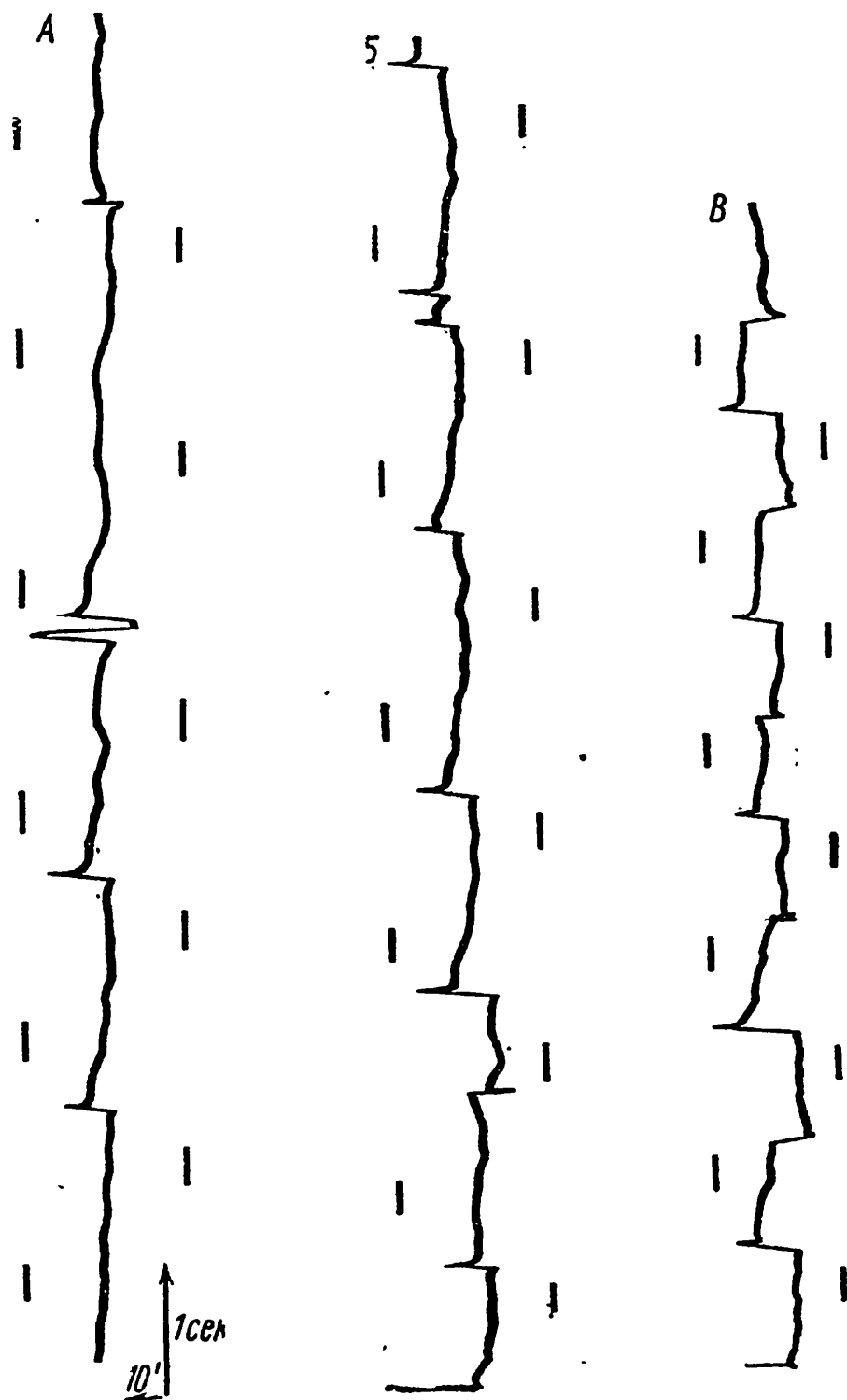


Рис. 9. Движения глаз при предъявлении пары точек и инструкции «переводить взгляд с точки на точку»:

A — расстояние между точками 2'; *Б* — расстояние между точками 5'; *В* — расстояние между точками 8'.

По обеим сторонам записей — отметки испытуемой о переводе взгляда в соответствующую сторону. Испытуемая «правосторонняя» (М. М.)

Испытуемому предлагалось переводить взгляд с одной точки на другую и при каждом переводе нажимать на кнопку световой отметки.

На рис. 9 приведены записи движений глаз, полученные при отстоянии центров точек на 2, 5 и 8 угл. мин.

Обращает на себя внимание несимметричность переходного процесса при переводе взора на правую и на левую точки, отстоящие на $2'$ (рис. 9, А): на правую точку глаз переходит, как правило, плавным движением, на левую — чаще скачком. Такие различия сохраняются, хотя и не во всех случаях, при расстоянии $5'$ (рис. 9, Б); наконец, они практически исчезают при расстоянии $8'$: здесь перевод взора в обе стороны сопровождается скачком (рис. 9, В).

Мы предположили, что описанная несимметричность перевода взора связана с асимметрией фиксационного нистагма (см. § 1.1). Данная испытуемая была «правосторонней», т. е. у нее преобладало «правое» направление фиксационных дрейфов. Для проверки этого предположения та же задача была предложена «левосторонней» испытуемой. Записи показали, что у этой испытуемой дрейфы и скачки поменялись местами: в зоне минимальных расстояний между точками при переводе взора влево наблюдались преимущественно дрейфы, при переводе взора вправо — скачки.

На рис. 10 приведены индивидуальные графики процентов случаев, в которых у «право-» и «левосторонней» испытуемых (соответственно А и Б) перевод взора сопровождался скачком. Графики показывают, что, во-первых, описанная асимметрия в способе перевода взора подтверждается статистически; во-вторых, в направлении, противоположном дрейфам ФН, скачки имеют место в значительном проценте случаев (50 и 70%) даже при самом минимальном расстоянии между точками; в-третьих, что в том же, противоположном, направлении скачки происходят в 100% случаев, начиная с расстояния $6-8'$, а в направлении, совпадающем с дрейфами ФН, — начиная с расстояния $12'$.

На записях рис. 9 обращают на себя внимание еще два факта. Первый состоит в том, что амплитуда скачков в направлении, противоположном дрейфам ФН, существенно превосходит расстояние между точками. В противоположную же сторону (по ходу дрейфов ФН) завышения амплитуды скачков не наблюдаются. К сожалению, мы не можем пока объяснить этот факт и вынуждены ограничиться его констатацией. Вторым фактом является закономерно больший наклон (т. е. латеральная скорость) дрейфов при фиксации левой точки по сравнению с правой. Второй факт, по-видимо-

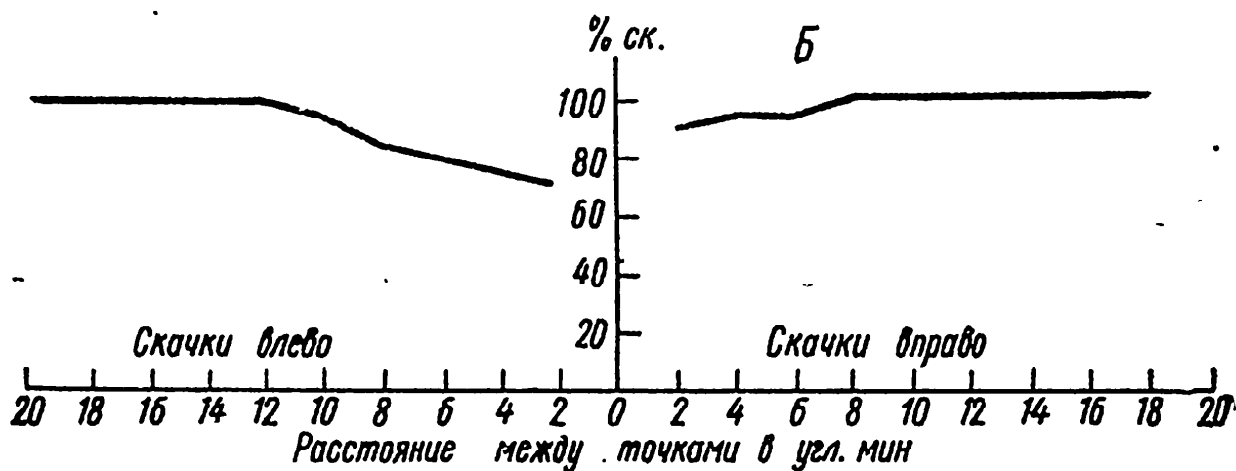
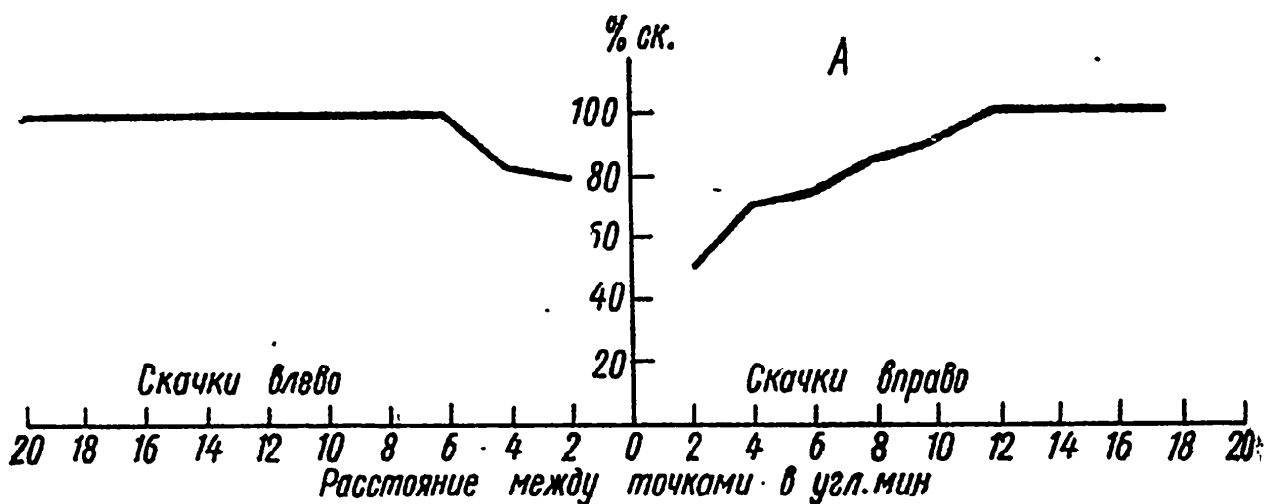


Рис. 10. Количество скачков при переводе взора с точки на точку в зависимости от расстояния между точками.

А — «правосторонняя» испытуемая (М. М.); Б — «левосторонняя» испытуемая (Л. Т.)

му, связан с первым: избыточная амплитуда скачка приводит к «перелету» взора через точку, в результате чего возникает необходимость в коррекции его положения. Эта коррекция осуществляется в режиме дрейфа по направлению, совпадающему с естественными дрейфами ФН у данной испытуемой. В противоположную сторону ошибки скачка нет, поэтому нет необходимости в коррекции.

Л. Старк высказал мнение, противоположное традиционному взгляду на роль фиксационных дрейфов и скачков. Обычно считается, что дрейфы «сносят» глаз с фиксируемой точки, а микроскачки корректируют его положение. По мнению Л. Старка, имеет место прямо противоположное отношение: скачки «выбивают» глаз с исходной позиции, а дрейфы возвращают его в заданное положение (Stark, 1971).

Мы не имеем пока оснований столь решительно сменить точку зрения, имеющую целый ряд фактических обоснований. Однако должны заметить, что описанные опыты отчетливо показали способность фиксационных дрейфов производить коррекцию положения взора, по крайней мере, если величина этой коррекции имеет порядок нескольких угловых минут и по направлению совпадает с направлением дрейфов ФН.

Подводя итоги, можно сказать, что и в диапазоне произвольных микродвижений возможно произвольное управление движением глаз. При этом минимальная величина произвольных движений приближается к значениям разрешающей способности остроты зрения (1—2'). Менее произвольной в этом диапазоне является форма движения глаз: субъективно скачкообразному переводу взора объективно может соответствовать плавный дрейф.

§ 1.4.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛАЗНОГО СЛЕЖЕНИЯ ЗА РАБОЧЕЙ ТОЧКОЙ РУКИ

В деятельности человека часто встречаются ситуации, когда приходится осуществлять одновременно два движения. Наиболее типичный пример — это работа двумя руками. Легко представить случаи, когда движение одной руки затрудняет одновременное движение другой и, наоборот, когда две руки взаимно дополняют друг друга в решении общей задачи, как это имеет место при осязании предметов и почти при всех трудовых операциях (см., например, Ананьев и др., 1959).

Не менее типичным, хотя и гораздо менее изученным, является одновременное осуществление движений руки и глаз. Могут ли глаз и рука вступать в те же отношения, например затруднять или облегчать движения друг друга, делить между собой двигательные функции, объединяться в решении общей задачи?

Заметим, что именно подход к глазу как к двигательному органу дает возможность поставить все эти вопросы.

Одним из типичных случаев совместных движений глаз и руки является слежение за движущейся рабочей точкой руки. Как организуются в этом случае движения глаз? Испытывают ли они влияние со стороны движения руки?

Ответить на эти вопросы можно было путем изучения эффективности и свойств глазного слежения за рабочей точкой руки и сопоставления его со слежением за внешней целью (Буякас, Гиппенрейтер, 1973).

Общая схема наших экспериментов состояла в следующем. Испытуемому предлагалось движением рукоятки вызвать смещение световой цели на экране и одновременно проследить глазами за целью. Рукоятка и цель были жестко связаны между собой, и испытуемый предварительно осваивал метрику их связи.

Ввиду освоенной связи рукоятки с целью всю техническую систему можно было рассматривать как своеобразное орудие, «надставляющее» руку испытуемого, а зрительную цель — как «рабочую точку» руки, вынесенную на конец этого орудия.

Очевидно, что в условиях наших экспериментов глазодвигательная система испытуемых могла получать информацию о движении цели из двух источников: *внешнего*, зрительного, и *внутреннего*, двигательного. Двигательный источник, в свою очередь, был представлен сигналами двух различных типов: эффекторными командами к руке и проприоцептивными сигналами обратной связи от ее движений.

Таким образом, общая задача исследования могла быть конкретизирована в следующих частных вопросах: 1. Вносят ли сигналы из «двигательного» источника вклад в организацию следящих движений глаз и если вносят, то каким сигналам принадлежит ведущая роль: эффекторным или проприоцептивным? 2. Как строятся следящие движения глаз при отсутствии зрительной информации, т. е. на основе только двигательных (либо эффекторных, либо проприоцептивных) сигналов от руки?

Уже в ходе исследования мы встретили сходную постановку некоторых из перечисленных вопросов в работах Стейнбаха и Хелда (Steinbach, Held, 1968; Steinbach, 1969). Сравнивая качество глазного слежения за целью, активно перемещаемой самим испытуемым, и за целью, приводимой в движение извне, эти авторы обна-

ружили, что в первом случае слежение лучше по ряду параметров: глазом воспроизводятся бóльшие частоты (до 2 Гц по сравнению с 1—1,5 Гц в первом случае), уменьшается количество саккад в единицу времени, сокращается время запаздывания глаза за целью (30 мс по сравнению с 150—200 мс). Перемещения же зрительной цели пассивными движениями испытуемых таких улучшений не дали. На основании этих фактов авторы делают вывод о том, что двигательная система глаз, по-видимому, использует информацию, заключенную в эффекторных командах к движению руки.

Наши опыты отличало большее разнообразие методических вариантов, что позволило исследовать влияние на следящие движения глаз сигналов всех трех типов: зрительных, эффекторных и проприоцептивных — как при изолированном действии каждого из них, так и при различных их сочетаниях. Это достигалось изменением «режимов» работы испытуемого.

В первом режиме испытуемый производил активное движение рукояткой и следил за смещаемой зрительной целью. Очевидно, что этот режим содержал смешанный тип афферентации: в нем существовали одновременно зрительный (вид цели на экране), эффекторный (активные команды к движению руки) и проприоцептивный (сигналы обратной связи от движения руки) источники сигналов о движении цели.

Во втором режиме устранялась зрительная информация путем отключения световой цели. Как и в первом режиме, испытуемый должен был рукояткой приводить в движение цель на экране, которая, однако, отсутствовала. Ему предлагалось следить глазами за «целью», как если бы она оставалась на экране. Эта инструкция имела смысл для испытуемых потому, что ей всегда предшествовали пробы первого режима.

В третьем режиме были исключены эффекторные команды при сохранении зрительной и проприоцептивной афферентации. Достигалось это тем, что рукоятку, задающую движение цели, перемещал экспериментатор; испытуемый же пассивно держался за нее.

В четвертом режиме оставлялась одна проприоцепция руки: испытуемый держался за рукоятку, перемещаемую экспериментатором; зрительная цель на экране отсутствовала.

В пятом режиме оставлялся, наоборот, один зрительный источник: испытуемый снимал руку с рукоятки и следил за целью, приводимой в движение экспериментатором.

Изолировать с помощью какого-либо методического приема эффекторные команды мы не могли, поскольку любое активное движение сопровождается проприоцептивной импульсацией. Однако вклад этого источника информации можно было определить с помощью обработки — путем вычитания эффекта проприоцептивных сигналов (четвертый режим) из суммарного эффекта проприоцептивных и эффекторных сигналов (второй режим).

В опытах использовались простые и сложные формы движения сигнала (и соответственно глаз). Первые обеспечивались инструкцией «сдвиньте рукоятку вправо в любой момент времени с произвольной скоростью и амплитудой» (I форма), вторые — инструкцией «совершайте любые возвратно-поступательные движения рукояткой с произвольной скоростью и амплитудой» (II форма). Как уже говорилось, во всех опытах давалась дополнительная инструкция «следить глазами за целью».

Эксперименты проводились на установке, позволявшей регистрировать одновременно движение цели (рукоятки) и горизонтальную составляющую движений глаз.

Таблица 1—2

РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
ПАРАМЕТРА t_d ГЛАЗ ДЛЯ ВСЕХ РЕЖИМОВ

№ режима	Вид информации, доступной в данном режиме	Форма движения цели	Математическое ожидание t_d глаза (мс), «—» отставание глаз от цели, «+» опережение цели	Область дисперсии (мс)
1	Зрительные сигналы + эффекторные команды к руке + проприоцептивные сигналы руки	II I	— 25 +100	25÷(—50) 250÷25
2	Эффекторные команды к руке + проприоцептивные сигналы руки	I	+100	250÷0
3	Зрительные сигналы + проприоцептивные сигналы руки	II	—150	—(125÷175)
4	Проприоцептивные сигналы руки	I	—300	—(159÷500)
5	Зрительные сигналы	I II	—175 —150	—(125÷200) —(125÷175)

При анализе результатов учитывались показатели временного и пространственного соответствия движений глаз и цели. В табл. 1—2. приведены средние значения времени запаздывания глаз относительно цели (t_d глаза), а также области дисперсии для каждого режима. На рис. 11 даны образцы записей движения

цели и глаз в разных режимах при одноактном движении руки (простая форма движения цели) и на рис. 12 — то же при сложном движении руки.

Первый факт, который позволяют констатировать полученные результаты, состоит в том, что глазное слежение за активно управляемой целью является более совершенным, чем слежение за целью, приводимой в движение извне. Это выражается в опережающих движениях глаз (в ср. на 100 мс при одиночном скачке) или в сокращении их запаздывания (в ср. на 25 мс при непрерывном прослеживании), в улучшении координатной привязки глаз к цели, в более качественной отработке глазом скорости цели.

Перечисленные особенности видны на записях, относящихся к первому режиму, а также при сравнении записей в первом и пятом режимах (см. рис. 11 и 12).

Описанный факт свидетельствует о заметном вкладе сигналов из «двигательного» источника в организацию глазного прослеживания. Развести при этом роль эффекторной и проприоцептивной информации позволяет сравнение результатов прослеживания в первом и третьем режимах (см. те же рисунки). На записях видно, что в третьем режиме, где отсутствовали команды к активным движениям руки при сохранении зрительных и проприоцептивных сигналов, исчезают опережающие движения глаз. Их латентный период оказывается таким же, как и в пятом режиме, где функционирует один зрительный источник (в среднем 150 мс). При выключении же зрительной цели и сохранении одной проприоцептивной информации (четвертый режим) время запаздывания глаз становится еще большим (в среднем 300 мс).

Таким образом, можно заключить, что проприоцептивные сигналы не участвуют в построении следящих движений глаз. По-видимому, они приходят для этого слишком поздно. Движение руки облегчает решение глазодвигательной задачи только за счет активных, эффекторных сигналов.

Можно думать, что моторные импульсы посылаются к мышцам руки и глаз одновременно из некоторого общего координационного центра. Тем не менее ведущую роль следует признать за иннервацией руки: именно она определяет момент, направление, скорость и амплитуду смещения цели, которую «отслеживает» глаз.

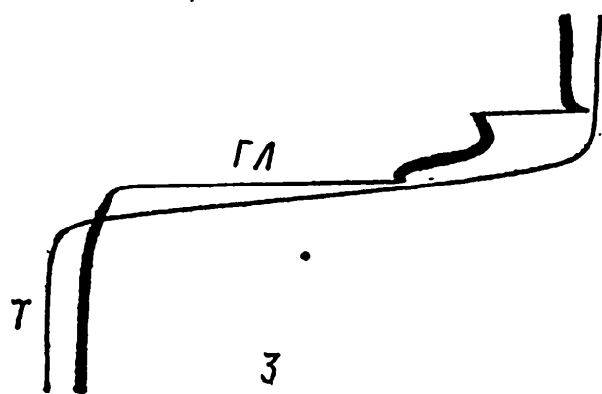
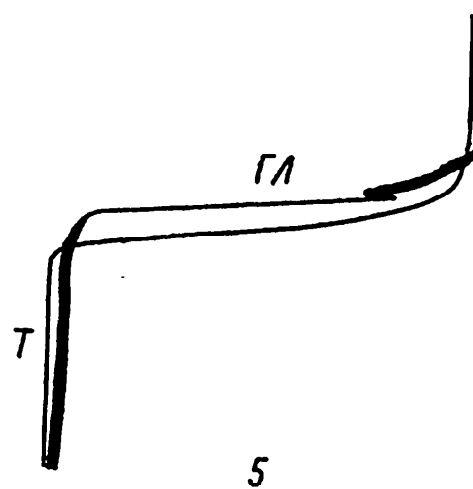
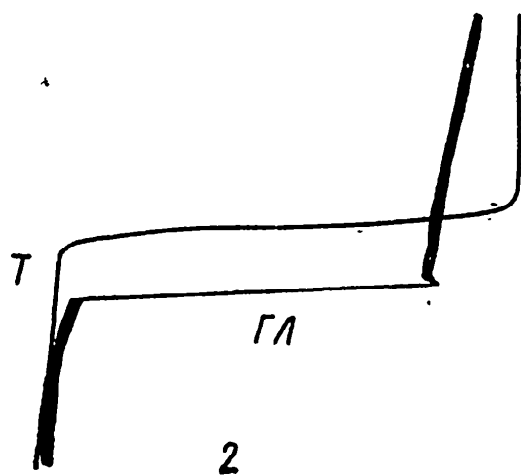
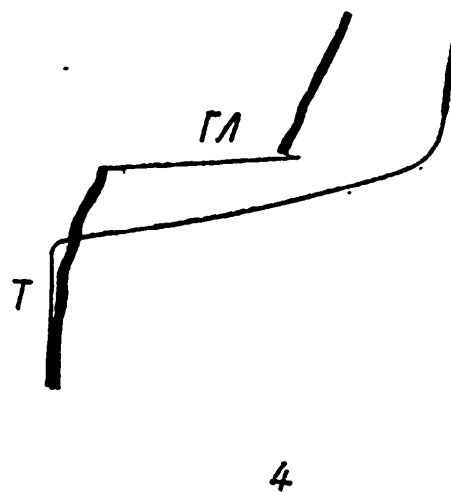
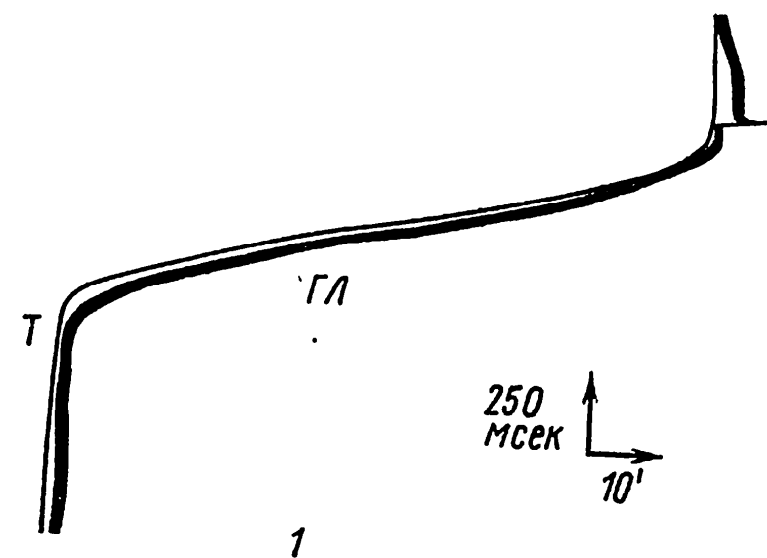


Рис. 11. Глазное слежение (ГЛ) за точкой (Т) при сдвиге ее вправо — простая форма движения. Цифрами обозначены режимы работы

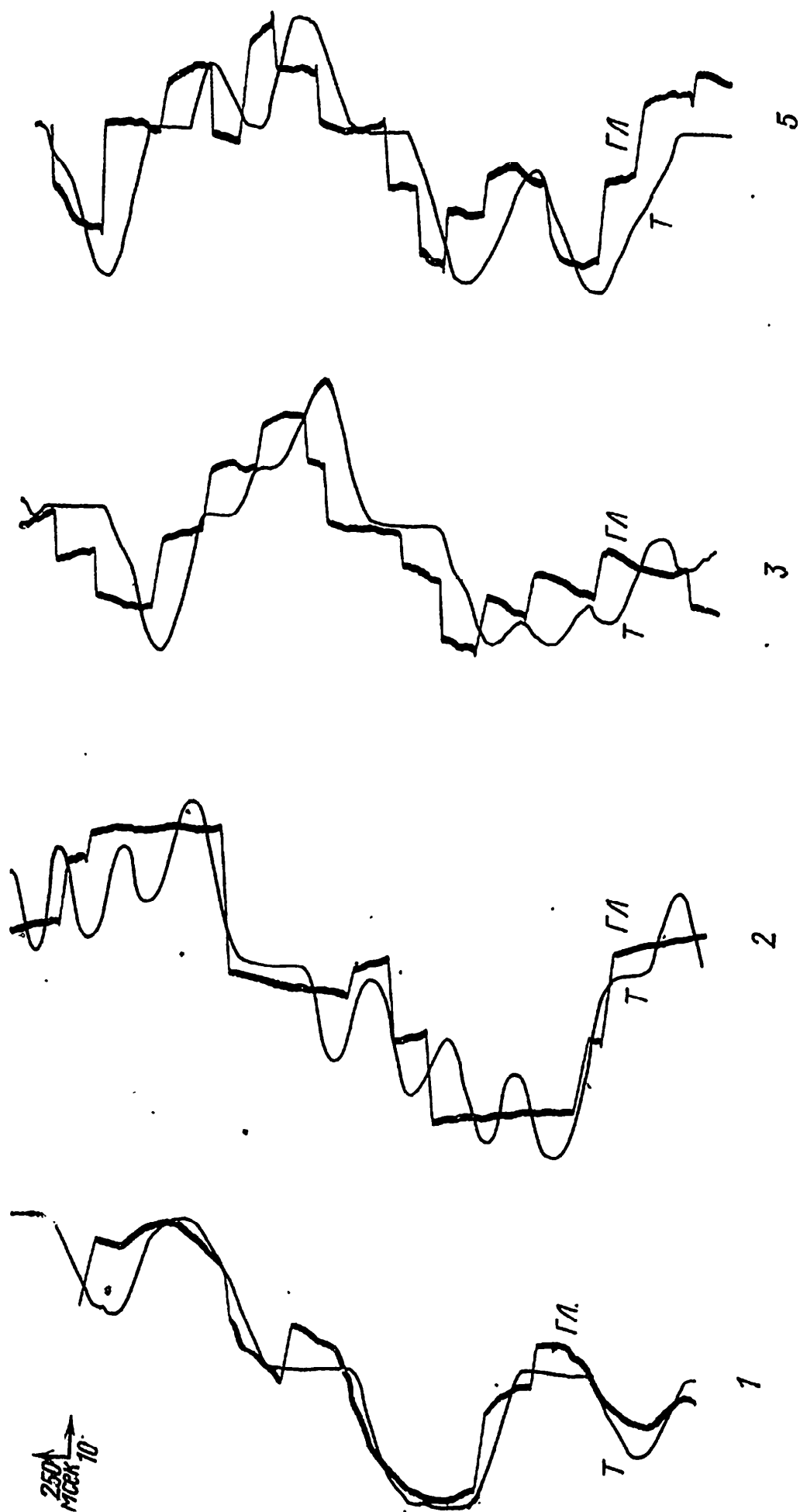


Рис. 12. Глазное слежение (ГЛ) за точкой (Т) — сложная форма движения.
Цифрами обозначены режимы работы

Поэтому команды, поступающие к двигательной системе глаз, можно считать неким дубликатом или копией ручных эффекторных команд. Такой же точки зрения придерживаются М. Стейнбах и Р. Хелд в цитированных выше работах (Steinbach, Held, 1968; Steinbach, 1969).

Нужно отметить важное свойство глазных эффекторных копий. Дело в том, что линейные движения руки могут приводить к любым угловым перемещениям ее рабочей точки, особенно если рука надставлена механическим или более сложным техническим орудием. Угловым смещениям рабочей точки отвечают угловые перемещения глаз. Чтобы слежение за целью было эффективным, между моторными командами-копиями к движениям глаз и их ручными «оригиналами» должны существовать сложные метрические (скоростные, амплитудные) перешифровки, отвечающие объективно существующим отношениям между параметрами движущейся руки и рабочей точки-цели. Такие перешифровки, несомненно, отлаживаются в процессе овладения и оперирования орудием под контролем зрения.

Наконец, полученные данные позволяют ответить на последний вопрос: в какой мере одни двигательные сигналы, без зрительной стимуляции, могут обеспечить построение следящих движений глаз?

Анализ записей показывает, что исключение зрительного источника превращает плавное прослеживание в скачкообразное (второй и четвертый режимы по сравнению с первым — см. рис. 11 и 12). Если при этом имеют место активные движения руки, то скачки глаз происходят своевременно и даже с опережением (второй режим); если движения руки пассивны и поставляют только проприоцептивную информацию, скачки глаз существенно запаздывают (четвертый режим). Следовательно, и при наличии помощи со стороны активных движений руки зрительные сигналы необходимы. Они обеспечивают плавный компонент глазного прослеживания, плавную отработку глазом скорости цели. На долю же эффекторных команд приходится организация своевременного начала движений глаз и, может быть, их амплитуды.

Итак, глаз и рука действительно могут вступать в непосредственные отношения как двигательные органы, т. е. образовывать *двигательную синергию*. Под последней, как известно, понимается временное объедине-

ние ряда согласованно работающих мышц, являющихся, вообще говоря, независимыми (Гельфанд и др., 1970). Основу синергии глаз—рука составляет одновременная посылка моторных команд к мышечным системам руки и глаз, причем оба ряда импульсов могут находиться в сложных метрических соотношениях.

Нетрудно понять высокую целесообразность описанной двигательной синергии между рукой и глазом. Синхронное движение глаз и рабочей точки руки является идеальным условием для зрительного контроля за рабочими действиями руки. Другой вопрос: всегда ли необходим такой «неотступный» зрительный контроль? В действительности, как мы увидим ниже (см. гл. III), формы совместных движений глаз и руки очень разнообразны. Но если необходимость в строгом слежении возникает, оно всегда может быть обеспечено за счет описанной синергии.

Нужно заметить, что координация движений глаз и руки в данной задаче не ограничивалась двигательным каналом. Последний обеспечивал согласование движений глаз и руки по времени, направлению и амплитуде. Окончательно же акт глазного слежения оформлялся за счет зрительных сигналов от движущейся цели. Как показали опыты, эти сигналы необходимы для появления плавного компонента движений глаз, для отработки глазом скорости цели. В последнем факте проявилась специфика глаза, отличающая его от других двигательных систем. Это — *самоафферентирующийся* двигательный орган, для организации качественных движений которого необходима зрительная информация, воспринимаемая им же самим.

§ 1.5.

«СОБСТВЕННЫЕ ДВИГАТЕЛЬНЫЕ ШУМЫ» ГЛАЗ

Выше (см. § 1.3) были описаны результаты наших опытов, которые показали, что произвольные движения глаз могут быть соизмеримы с произвольными микродвижениями, т. е. иметь амплитуду порядка нес-

кольных угловых минут. Это, в свою очередь, позволило поставить следующий вопрос: могут ли произвольные движения оказать сбивающее действие на произвольные движения, т. е. выступить в роли «собственных двигательных шумов» глаз?

Для ответа на этот вопрос была выбрана задача, содержащая потенциальную возможность «столкновения» обоих видов движений глаз, — задача по организации малоамплитудных движений в зоне произвольных фиксационных движений глаз.

В предварительных экспериментах (Гиппенрейтер, 1964) мы воспроизвели процедуру опытов А. Ландольта (1891), уже описанную выше: испытуемому предъявлялись объекты, состоящие из однородных вертикальных черных штрихов, с инструкцией сосчитать их по одному.

В опытах применялись два варианта таких объектов. В первом варианте расстояние между центрами соседних штрихов составляло 35', во втором оно было уменьшено почти в четыре раза и равнялось 9'. С целью уравнивания объектов по параметру остроты зрения просвет между штрихами в обоих вариантах был одинаковым, равным 4,5'.

В предварительных пробах определялась степень точности выполнения задания с обоими вариантами объектов. Оказалось, что при подсчете частых штрихов ошибки возникают в 10 раз чаще, чем при подсчете редких штрихов.

Регистрация движений глаз показала, что затруднения и ошибки совпадают с нарушениями упорядоченного хода движений глаз. На записях наблюдались дрейфы и мелкие скачки, не приуроченные к переводу взора на следующий штрих; были видны пропуски, возвраты назад, нарушения ритма движений. Таким образом, результаты записей как будто подтверждали предположение о том, что произвольные микродвижения глаз могут отрицательно повлиять на ход решения задачи.

Вместе с тем они показали, что не всякое отклонение глаз от упорядоченного движения приводит к зрительной ошибке. Так, на записях можно было видеть, что не все быстрые скачки, совершавшиеся во время фиксаций, «сбивали» глаз со штриха: некоторые из них заканчивались возвратом глаза точно в исходное положение. Имелись также факты, свидетельствовавшие о

полезной роли некоторых микродвижений. Например, движение глаз по штрихам могло происходить в форме не только отдельных скачков, но и в форме активного дрейфа.

Таким образом, анализ записей показал невозможность в условиях описанной задачи точно разделить «полезные» и «вредные» микродвижения глаз, так как отдельные их виды могли выступать и как средство выполнения зрительной задачи, и как помеха к этому выполнению. Ввиду этого обозначалась необходимость более жесткого параллельного учета внешней — двигательной и внутренней — зрительной сторон процесса решения задач.

В основных экспериментах зрительный счет был заменен более простыми задачами: фиксацией неподвижной точки и прослеживанием линий.

В опытах с фиксацией испытуемый помещался перед однородным точечным объектом с задачей длительно фиксировать одну из точек⁴. Обычно задаваемая точка находилась в центральной области объекта. В руках у испытуемого имелась кнопка, соединенная с «маркирующим» осветителем и электромиллисекундомером. Осветитель помещался сзади полупрозрачного экрана-объекта, и включение его приводило к высвечиванию задаваемой точки. Нажимая на кнопку, испытуемый включал осветитель и тем самым «указывал» себе точку, которую он должен был фиксировать. При отпуске кнопки выключался осветитель и включался электромиллисекундомер, который начинал отсчитывать время фиксации с того момента, когда точка становилась неотличимой от окружающих. Согласно инструкции, испытуемый должен был фиксировать указанную точку до тех пор, пока не потеряет ее или не утратит уверенность в том, что фиксирует именно ее. Потеряв точку, он должен был нажать на кнопку: при этом зажигался осветитель, обозначая заданную точку, и останавливался секундомер. По высвеченной точке испытуемый определял направление и величину смещения взора, причем «шкалой отсчета» служили точки, непосредственно окружающие заданную. Таким образом, в описываемых опытах отдельные элементы однородного множественного объекта выступали и как объекты зрительного действия, и как помехи, и как шкала отсчета ошибок.

Опыты проводились в условиях меняющейся плотности объекта⁵. Изменение плотности достигалось изменением расстояния между объектом и испытуемым. Всего в опытах применялись четыре

⁴ Фактически это были круги малого углового размера (объектом служил материал в «мелкий горошек»).

⁵ Под плотностью однородного множественного объекта мы понимаем расстояние между центрами его соседних элементов.

градации плотности: 10, 20, 40 и 60' (объект предъявлялся соответственно с расстояний 2; 1; 1,5; 0,3 м). Общий размер объекта при всех расстояниях сохранялся постоянным: диаметр 12°.

В опытах с *прослеживанием* линий использовался однородный штриховой объект с горизонтальным (или вертикальным) расположением штрихов. Методика в основном была та же, что и в опытах с фиксацией. Испытуемому ставилась задача проследить указанный ему штрих в направлении слева направо (или снизу вверх). Окончив прослеживание, он нажимом на кнопку высвечивал маркирующую метку, расположенную в конце указанной линии. Одновременно с зажиганием метки останавливался миллисекундомер, запущенный испытуемым в момент начала прослеживания. По высвеченной метке испытуемый определял или факт безошибочного прослеживания, или величину и направление смещения взора: на одну, две, три... линии вверх, вниз (или вправо, влево). Как и в опытах с фиксацией, переменным было расстояние между испытуемым и объектом. Исследовались градации плотности: 7, 10, 20, 40 и 60'. Размер всего объекта оставался постоянным на всех дистанциях: $20^\circ \times 15^\circ$.

Часть опытов с фиксацией и прослеживанием сопровождалась регистрацией движений глаз. В случае фиксации точки велась регистрация горизонтальной составляющей на движущейся фотопленке; в случае прослеживания линий обе составляющие записывались на неподвижной фотобумаге. Наблюдение осуществлялось монокулярно, регистрировались движения открытого глаза.

В опытах участвовали 8 испытуемых. С большинством из них было проведено по несколько сеансов в разные дни. В течение одного опыта предъявлялись объекты всех четырех значений плотности. На каждое значение делалось по 8—10 проб (фиксаций или прослеживаний). Опыты начинались с объектов самой большой плотности и кончались наименьшей.

В опытах с *фиксацией* главный результат состоял в том, что спустя некоторое время после начала фиксации испытуемые, как правило, сбивались с заданной точки (исключение составили пробы при плотности объекта 60').

Время, предшествующее ошибке фиксации, менялось в зависимости от плотности объекта. Оно было наименьшим при плотности 10' (5—10 с), возрастало с увеличением плотности (при 40' — порядка 35 с) и было практически бесконечно большим при плотности 60'.

Наиболее частой ошибкой у всех испытуемых было смещение на соседнюю точку, хотя при плотности 10' случались отклонения на 2, 3 и даже 4 точки. При разных плотностях наиболее типичное смещение взора на одну точку означало разную величину ошибки фиксации: соответственно 10, 20 и 40'.

В отношении направлений смещения взора испытуемые дали разные результаты. У двух испытуемых обна-

ружилось преобладающее направление ошибок: соответственно вниз и влево вверх; у остальных такого преобладающего направления не было.

Рассмотрим записи движений глаз, полученные в ходе этих опытов.

На рис. 13, А, Б представлены записи, относящиеся соответственно к случаям безошибочной фиксации и к фиксации с ошибкой на две точки вправо (плотность объекта для случая данной записи составляла 7').

Анализ записей показывает, что глаз во время фиксации находится в непрерывном движении, при котором отчетливо выделяются дрейфы и скачки. Эти два вида движений обеспечивают удержание глаза в области 14' (оказалось, что размер этой области не зависит от плотности объекта). Поскольку плотность объекта составляла 7', то колебания глаз заводили зрительную ось на соседние точки примерно на половину их диаметра. В записи на рис. 13, Б можно видеть причину возникновения ошибки: она связана с дрейфующим «сползанием» глаза, которое не было в достаточной мере выправлено скачками.

Важно отметить, что направление и величина ошибки фиксации по данным регистрации движений глаз и по самоотчету испытуемых совпадали. Так, если после высвечивания маркирующей точки испытуемый указывал, что его взор сместился на одну точку влево от заданной, то на записи глаз оказывался по своему по-

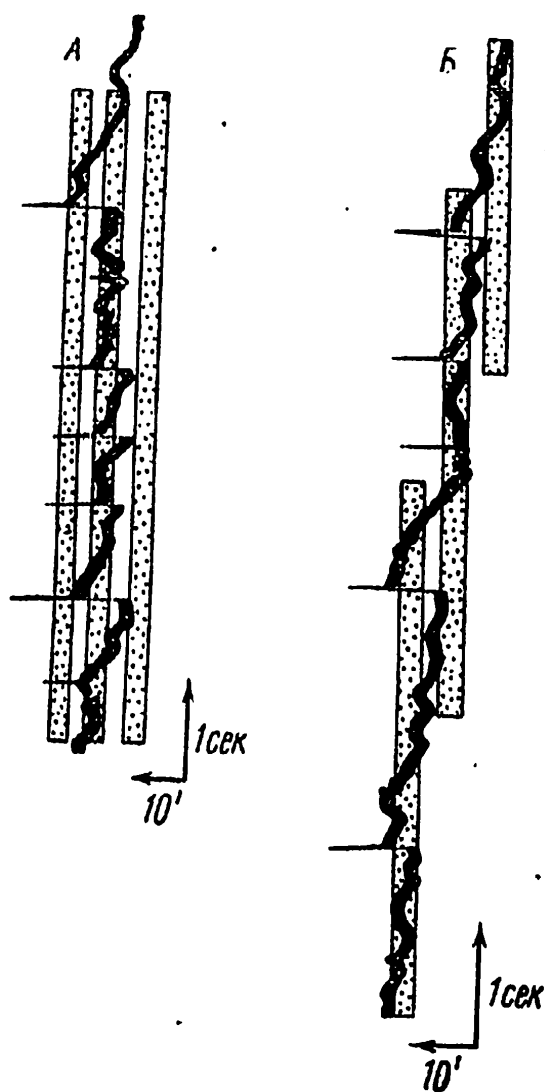


Рис. 13. Записи движений глаз при фиксации отдельного элемента точечного объекта:

А — безошибочная фиксация; Б — фиксация с ошибкой на две точки вправо. Вертикальные столбики соответствуют фиксируемой и ближайшим к ней точкам

ложению сдвинутым в ту же сторону и на то же расстояние.

В опытах с прослеживанием показателями служили точность и время, затрачиваемое на одно прослеживание. Здесь результаты оказались следующими.

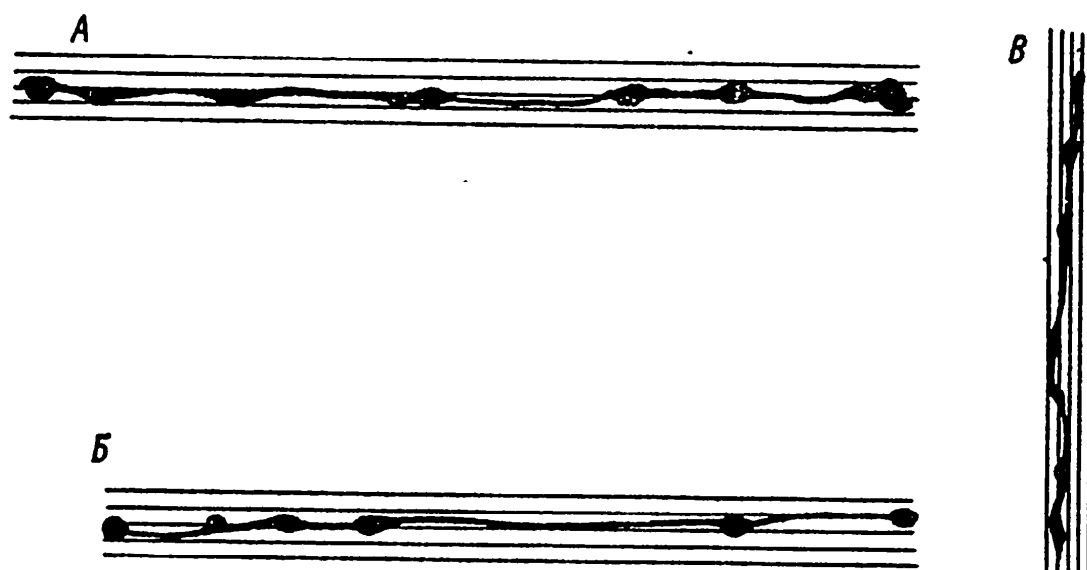


Рис. 14. Записи движений глаз при задаче проследить отдельный штрих однородного множественного объекта:

А — без ошибки; Б — с ошибкой на один штрих вверх (прослеживание слева направо); В — с ошибкой на два штриха вправо (прослеживание снизу вверх)

Средняя ошибка прослеживания (смещение глаза на соседние штрихи) уменьшалась с уменьшением плотности объекта. Так, при плотности $10'$ средняя ошибка составляла $6,5'$, при плотности $20'$ — $2,2'$, при плотностях $40'$ и $60'$ ошибок не было ни у одного испытуемого.

Время прослеживания также менялось в зависимости от плотности штрихового объекта: при плотности $10'$ оно в среднем составляло 14 с, при плотности $60'$ — менее секунды. Преимущественного направления ошибки (вверх, вниз) здесь, как правило, не наблюдалось. Исключение составила одна испытуемая, у которой явно преобладали ошибки со смещениями вверх.

На рис. 14, А, Б, В приведены записи движений глаз при горизонтальном (А, Б) и вертикальном (В) прослеживании штрихов. Как видно из записей, несмотря на субъективное впечатление плавного прослеживания, глаз испытуемого двигался скачками с промежуточными остановками (фиксациями) — факт, уже описанный выше в § 1.3. Запись на рис. 14, А соответствует безошибочному прослеживанию; на рис. 14, Б, В — прослежи-

ванию с ошибкой соответственно на один штрих вверх и на два штриха вправо. Здесь, как и в случаях с фиксацией, показания испытуемых совпадали с величиной и направлением смещений глаз.

Характерной особенностью всех записей, содержащих ошибки прослеживания (в наших опытах более 50), является то обстоятельство, что смещение глаза с заданного штриха никогда не происходило в начале прослеживания, на протяжении его первых «шагов». Ошибка как бы накапливалась к концу работы.

Анализ записей показал далее, что длина прослеживающих «шагов» зависит от плотности объекта: при плотности 5' она составляла 1—2°; при плотности 10'—2—5°; при плотности 20' 7—10°.

Важным фактом, полученным в ходе описываемых опытов, явилось субъективное переживание испытуемыми одномоментности видения, или «схватывания», всей линии от начала до конца. Оно имело место в тех случаях, когда, по данным регистрации, прослеживание осуществлялось за 1—2 скачка.

Отметим два дополнительных факта, наблюдавшихся как в опытах с фиксацией, так и в опытах с прослеживанием.

Первый относится к явлению «ложных тревог». В процессе работы испытуемый иногда терял уверенность в том, фиксирует ли он заданную точку (штрих) или «съехал» на другую точку («пришел» в конец соседнего штриха). Он высвечивал маркирующую метку и обнаруживал правильность фиксации (прослеживания). При плотностях 20' и 40' таких случаев было больше, так как при плотности 10' «чувство ошибки» или «неуверенности», как правило, сопровождалось реальной ошибкой.

Второй факт состоял в отмечавшемся всеми испытуемыми сильным сбивающем действии мигания. С контрольной целью в ходе опытов с фиксацией была произведена одновременная запись миганий (электроокулографическим методом) и сигналов о «потере» точки, даваемых испытуемым. Записи показали, что при плотности 10' ошибки происходили не только после каждого мигания, но и в промежутках между ними; при плотности 20' ошибки наступали преимущественно только после мигания и при плотности 40' не всякое мигание сопровождалось ошибкой.

Почему глаз ошибается?

Одним из основных результатов описанных экспериментов является установление закономерного эффекта возникновения ошибки — «потери» точки (штриха) при определенных плотностях объектов. Примененная в исследовании методика с использованием множественных объектов и световой маркировки, самоотчета испытуемых и регистрации движений глаз позволяет обсудить вопрос о *механизме ее возникновения*.

Наша предварительная гипотеза состояла в том, что в условиях работы с объектами большой плотности происходит интерференция активных движений глаз малой амплитуды с произвольными микродвижениями, при которой последние выступают в роли помех или «собственных двигательных шумов». Изложенные эксперименты позволяют уточнить и развить это представление.

Если причину возникновения ошибки видеть только в произвольных движениях глаз, то механизм потери заданной точки следовало бы представить себе так, что глаз в результате произвольного движения смещается на соседнюю точку и вследствие этого «принимает» ее за исходную. В случае правильности этого объяснения появление ошибки фиксации следовало бы ожидать каждый раз, как только зрительная ось попадала на соседнюю точку. Однако, обращаясь к записям на рис. 13, мы видим, что моментам потери точки предшествуют периоды безошибочной фиксации, в течение которых глаз не теряет заданную точку, несмотря на постоянно совершающиеся «заходы» на соседние точки.

Для обсуждения полученных фактов целесообразно использовать понятие *взора* как установки зрения, отличающейся от установки глаза. Если первая установка означает как бы внутреннюю функциональную направленность зрения (направление линии взора), то вторая — внешнее положение глаза (направление зрительной оси) относительно объекта. Можно привести случаи заметного расхождения линии взора и зрительной оси. Это бывает, например, при так называемом рассматривании объекта «краем глаза». В лабораторных условиях то же явление наблюдается при измерении

поля зрения, когда, фиксируя центральную точку, испытуемый должен давать отчет о появлении сигнала на периферии. В естественных условиях более часты случаи совпадения линии взора и зрительной оси (что является причиной их частого отождествления). Однако микроанализ позволяет увидеть, что и здесь всегда имеется некоторое рассогласование между взором, устойчиво направленным на фиксируемую точку, и зрительной осью, постоянно меняющей свое направление вследствие произвольных движений глаз. Интерпретировать это можно таким образом, что проекция «взора» на объекте имеет некоторую площадь. Взор проявляет «нечувствительность» к небольшим смещениям зрительной оси, лишь бы они не уводили ее полностью за пределы этой площади.

Другой важной характеристикой функционирования взора во времени является периодическое прерывание его. Оно вызывается, по крайней мере, двумя причинами: миганием и мелкими саккадическими движениями, сопровождающими фиксацию или перевод взора при прослеживании: известно, что во время скачка, а также за некоторое время до него происходит снижение зрительных функций и ухудшение восприятия (феномен «саккадического подавления») (Volkmann, 1962; Zuber, Stark, 1966 и др.).

Возвращаясь к вопросу о причинах ошибки фиксации, можно предположить, что в результате очередного прерывания взора испытуемый «теряет» заданную точку, а при восстановлении зрения — направляет взор на другую, от нее неотличимую. Это сопровождается новой центрацией глаза. Одним из главных обстоятельств, свидетельствующих в пользу такого механизма, является описанный выше факт сбивающего действия мигания.

Ошибочные установки глаза на другую точку, происходящие вследствие мигания или скачка, можно объяснить, исходя из представления о глазе как следящей системе с двойной регуляцией: зрительной и проприоцептивной (Глезер, 1959; Гуревич, 1971). После перерыва взора, вызванного скачком или миганием, фиксационный механизм не может возобновить свое действие на основе зрительной афферентации: ввиду полной однородности объекта он не несет никакой зрительной информации о заданной точке. В результате

установка глаза осуществляется лишь на основе проприоцептивных сигналов от глазных мышц, сохраняющих «память» о положении глаза до перерыва. Ввиду недостаточной тонкости «мышечного чувства» установка взора на его основе может осуществиться лишь в пределах определенной зоны. В случае большой плотности объекта в этой зоне оказывается несколько точек, непосредственно окружающих заданную, и взор с равной вероятностью устанавливается на любой из них.

Таким образом, размер зоны, в пределах которой в наших опытах происходили ошибки фиксации, является величиной, характеризующей точность мышечного чувства глазодвигательного аппарата, участвующего в механизме фиксации. По аналогии с «зоной нечувствительности» сетчатки, характеризующей ее «моторное разрешение» (Глезер, 1959), мы имеем здесь другую «зону нечувствительности», характеризующую разрешающую способность проприоцепции глазных мышц. По данным наших опытов радиус этой зоны составляет 40'.

Сказанное в равной степени применимо к результатам опытов с прослеживанием штрихов при одном дополнительном замечании. Поскольку прослеживание осуществлялось рядом произвольных скачков с промежуточными фиксациями, то помимо описанных выше причин возникновения перерыва взора во время фиксации — миганий и произвольных скачков — здесь имела место еще одна, а именно: произвольные саккадические движения глаз. Напомним, что произвольные скачки при смене точек фиксации, как правило, сопровождаются небольшими дополнительными движениями, осуществляющими более точную установку глаз на новую точку (см. § 1.3). В условиях наших опытов такая «доводка» глаз после очередного макроскачка не могла осуществляться на основе зрительной информации опять-таки по причине отсутствия последней в однородном объекте, и прослеживание штриха могло производиться лишь в меру точности проприоцепции глазных мышц. Исключение составляли один или два первых скачка, в результате которых центр фовеа оказывался на достаточно близком расстоянии от метки, обозначающей заданный штрих, так что она еще могла афферентировать правильную установку глаз. Этим и объясняется отмеченное выше отсутствие ошибки в начале прослеживания.

Изложенное представление позволяет объяснить также и ряд других полученных фактов. В частности, учащение ошибок фиксации и прослеживания при увеличении плотности объектов объясняется возрастанием количества помех (соседних точек и штрихов) в зоне «проприоцептивной нечувствительности» и в связи с этим — увеличением вероятности смещения на них взора.

Отсутствие преимущественного направления ошибок у большинства испытуемых, по-видимому, указывает на случайный выбор точки (штриха) из той же зоны «нечувствительности». Преобладание же определенно направленных ошибок у отдельных испытуемых можно объяснить наличием у них тенденции к направленному пассивному смещению глаз: в результате такого смещения зона «выбора» точки (штриха) оказывается сдвинутой в соответствующем направлении.

Что касается ощущения ошибки, систематически возникавшего у наших испытуемых, то оно, по-видимому, являлось субъективным отражением самого факта перехода установочного механизма глаз со зрительной на менее точную, проприоцептивную, афферентацию. Именно поэтому испытуемые сообщали о подобном ощущении и в тех случаях, когда не было реальной ошибки (ситуация «ложных тревог»). С этих же позиций можно объяснить отсутствие сбивающего действия мигания (или скачка) в естественных условиях. Обычный зрительный объект никогда не представляет собой однородного поля, а всегда содержит большое количество характерных деталей, обеспечивающих надежное «восстановление» зрительной афферентации движений глаз. Вот почему в естественных условиях функциональные перерывы взора не только не нарушают процесса зрения, но, как правило, субъективно не замечаются.

Итак, произвольные микродвижения могут оказывать сбивающее действие на произвольные движения глаз и в этом смысле выступать в роли собственных двигательных шумов глаза. Однако действие это прямое; оно опосредствовано нарушением зрительной афферентации произвольных движений.

Функционирование зрительной системы характеризуется сложным взаимодействием ее зрительного и дви-

гательного компонентов. Движение глаз перемещает и устанавливает взор; зрение на основе сигналов от объекта обеспечивает точность движения или поддержание фиксации. Хорошо отлаженная, безошибочная работа кольца управления может быть нарушена созданием необычных условий. Одна из разновидностей таких условий — однородные множественные объекты. При фиксации точки произвольные скачки, как известно, совершаются в интересах коррекции положения глаз и «обновления» зрения (см. § 1.1). Однако в результате скачка временно прерывается поток зрительной стимуляции от фиксируемого объекта. Этот поток должен быть восстановлен, чтобы афферентировать продолжение фиксации. Обычно это обеспечивается благодаря «узнаванию» свойств и деталей фиксировавшегося объекта. Однако если этот объект окружен другими, от него неотличимыми, то зрительная система вынуждена прибегнуть к гораздо менее совершенному средству — памяти «мышечного чувства». Если в зоне проприоцептивной нечувствительности находится несколько одинаковых объектов, то возникает опасность принятия ложного сигнала-близнеца за истинный. Наряду с произвольными движениями источником ошибок служат мигания, а при активных перемещениях глаз по однородному объекту — сами произвольные движения.

Итак, причиной ошибок глазодвигательных действий в рассмотренных задачах является не столько «вхождение» произвольных движений глаз в зону произвольных микродвижений, сколько *попадание зрительно однородных деталей объекта в зону нечувствительности глазной мышечной проприоцепции.*

§ 1.6.

ГЛАЗ И РУКА. ВЗАИМНАЯ ПЕРЕДАЧА ФУНКЦИЙ

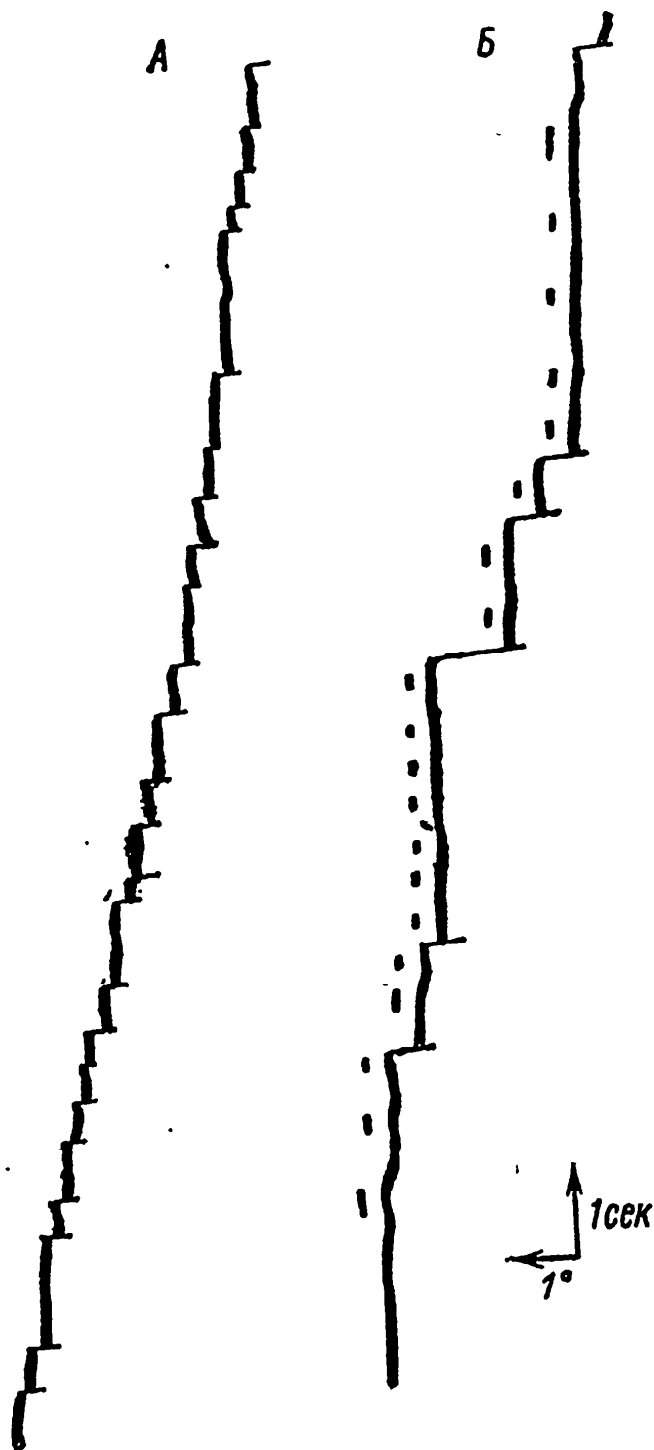
В этом параграфе мы снова возвращаемся к теме двигательного взаимодействия глаз и руки. На этот раз, однако, речь пойдет не о прямом согласовании дви-

жений обоих органов — согласовании, составляющем непосредственную цель для испытуемого (см. § 1.4), — а о более сложном и, на наш взгляд, более интересном феномене. Он был получен нами в задаче зрительного счета предметов (Гиппенрейтер и др., 1969); первоначально — при изменении экспериментальной процедуры — испытуемого просили не просто считать глазами вертикальные штрихи (см. § 1.5), а одновременно отмечать каждый штрих нажатием на кнопку.

Анализ записей показал, что включение руки, которое не имело, казалось бы, никакого отношения к счету глазами и служило лишь для двигательного отчета испытуемого, систематически приводило к заметному сокра-

Рис. 15. Записи движений глаз при счете вертикальных штрихов большой плотности:

А — одними глазами; Б — с одновременным нажатием рукой на кнопку (отметки слева)



щению скачков глаз. В результате вместо отдельных фиксаций, приходящихся по одной на каждый штрих, на записях появлялись укрупненные дрейфы, т. е. продолжительные фиксации, во время которых испытуемый сосчитывал по нескольку штрихов (против таких фиксаций оказывалось по две, три и больше отметок руки) (рис. 15, А и Б).

Описанные изменения в движениях глаз наблюда-

лись только в опытах с объектами большой плотности (7—10'); при счете же редких штрихов (плотность 20—35') записи в обоих условиях были идентичны.

Итак, основной факт состоял в изменении способа движений глаз при включении в действие руки. Мы предположили, что это связано с частичной передачей функций саккадических движений глаз — движениями руки.

Что же это за функции? Почему они передавались руке? И почему только при счете часто расположенных штрихов?

Ответить на первый вопрос нам помогает мысль И. М. Сеченова о том, что естественной основой порядкового счета являются сигналы ритмичных мышечных сокращений (получаемые, например, при ходьбе). Выступая в роли своеобразного внутреннего метронома, такие сокращения не только подготавливают идею счета, но и входят в состав этого действия.

Известно, что маленький ребенок, осваивающий счет предметов, включает в этот процесс движения указательного пальца. При запрещении действовать рукой он не может сосчитать предметы, хотя и воспринимает их зрительно. Очевидно, что указательный жест несет какую-то важную функцию. Согласно идее И. М. Сеченова, ее можно представить как функцию перевода одновременно предъявленного ряда зрительных объектов в последовательный ряд дискретных мышечных сигналов. Это возможно потому, что указательный жест имеет как бы две стороны: внешнюю и внутреннюю. Внешняя сторона жеста — направление пальца на объект — обеспечивает оптическое выделение последнего; внутренняя сторона как бы обращена к организму и «вводит» этот объект в систему счета в форме сигналов к активному мышечному сокращению.

Когда взрослый человек считает предметы «глазами», то в роли указательных жестов руки выступают указательные движения глаз. «Внешняя» сторона этих движений состоит в направлении взора на очередной объект, «внутренняя» — в производстве дискретных мышечных сигналов. Такие сигналы формируются в результате скачков, производящих установку взора на объект, и «сообщают» о каждом следующем объекте.

Однако при счете штрихов большой плотности наряду с полезной функцией у скачков появляется также

«вредная» функция: каждый раз, прерывая взор, они оказываются потенциальным источником его ошибочной установки (более подробный анализ см. в предыдущем параграфе). В этих условиях зрительная система заинтересована в подавлении скачков. Однако это возможно лишь при условии, если их полезную функцию возьмет на себя другой двигательный орган. В наших опытах таким органом и оказывалась рука. Ритмичные сокращения пальца, нажимающего на кнопку, перенимали внутреннюю функцию движений глаз.

Итак, отвечая на второй вопрос, мы можем сказать, что функция скачков глаз частично передавалась руке потому, что сами скачки начинали выступать в роли помех. Возможность такой передачи обеспечивалась благодаря организации дополнительного канала моторных дискретных сигналов, своего рода «моторного дрейфа» через движения руки.

Как же осуществлялась сохранившаяся внешняя (указательная) функция движений глаз при менее дискретном способе их движения? Вполне возможно, что взор направлялся сразу на 3—4 штриха, а рука последовательно «вводила» их соответствующим числом нажатий. Возможно также, что взор (или зрительное внимание) переходил с одного штриха на другой, но из-за тенденции к подавлению скачков это движение принимало форму «активного дрейфа».

Говоря об активном дрейфе, мы должны заметить, что он иногда наблюдался при счете и без явного участия руки. Однако на основе рассмотренных фактов можно предположить, что в таких случаях активировалась какая-то внутренняя моторика. Дискретные идеомоторные акты могли осуществляться в двигательной системе головы, корпуса, артикуляционного аппарата.

Совсем легко ответить на последний вопрос: почему функция скачков не переходила к движениям руки при счете редких штрихов? Потому, что в этих условиях скачки не приобретали отрицательной роли и проблема их «вытеснения» и передачи их функции другому органу вообще не вставала.

В заключение этого параграфа мы хотим сделать два замечания общего характера.

Первое касается значения описанного феномена. Мысль И. М. Сеченова о том, что «рука учит глаз»,

стала убеждением не одного поколения психологов. Эта общая мысль имеет много аспектов. Главный из них касается передачи глазу как органу зрения гностического опыта руки как органа осязания. Совсем другой аспект представляет передача двигательного, практического опыта руки глазу, также выступающему как двигательный орган.

Изложенные результаты имеют отношение именно к этому второму аспекту. Наблюдавшийся нами частичный переход функций движений глаз к движениям руки можно интерпретировать как возврат функциональной системы счета к ее онтогенетическому прошлому. Мы видим в этом возврате одно из доказательств *природы и пути* формирования глазодвигательных действий.

Второе замечание совсем другого рода. Описанные опыты ощутимо показали, как экспериментальная процедура может вмешиваться в исследуемый процесс и существенно менять его. То, что было запланировано как деталь методики эксперимента (двигательный отчет испытуемого), вошло в способ действия испытуемого. В дальнейших исследованиях мы стали очень осторожно относиться «к двигательному отчету» с помощью руки, который мог внести существенные изменения в исследовавшиеся движения глаз.

●

**Движения
глаз
при решении
зрительных
задач**

Роль движений глаз в зрительном восприятии является одной из традиционных проблем экспериментальной психологии. При обсуждении ее в этой главе мы будем, однако, говорить не о зрительном восприятии, а о процессе решения зрительных задач. Такая замена терминов имеет принципиальное значение, и на этом следует специально остановиться.

В истории психологии значение термина «восприятие» претерпело значительные изменения. Оно было неразрывно связано с процедурами и методами исследования и менялось вместе с последними.

Первым и основным методом был метод самонаблюдения. Яркие описания субъективных образов содержатся в работах как классиков XIX—XX вв., так и психологов наших дней (см., например, Джемс, 1911; Титченер, 1914; Köhler, 1929; Koffka, 1935; Миллер, Галантер и Прибрам, 1965; Hebb, 1969; и др.). Основные свойства перцептивных образов, такие, как полимодальность, избирательность, целостность, константность, осмысленность, предметность, по существу отражают

содержание, тот или иной аспект, свойство нашего непосредственного, феноменального опыта.

Борьба за внедрение объективных методов, ставшая знаменем психологии XX в., привела к радикальным изменениям процедур исследования восприятия: «Стало очевидным, что, изучая поведение, деятельность, можно проникнуть в управляющие деятельностью образы и процессы их формирования, не обращаясь к самонаблюдению» (Леонтьев, 1969, с. 63).

Появились многочисленные исследования, основанные на регистрации объективных «ответов» организма. Эти последние стали использоваться как косвенные показатели свойств перцептивных процессов.

Важно отметить, что диапазон «ответов», используемых в исследованиях восприятия, оказался очень широк: от вегетативных компонентов ориентировочной реакции до сложных поведенческих актов. Следствием этого явилось чрезвычайное расширение значения термина «восприятие»: этим словом в наше время часто обозначается совокупность процессов, «с помощью которых индивид поддерживает контакт с окружающей средой» (J. Gibson, 1959, с. 456).

Использование категории задачи с ее разработанным понятийным аппаратом позволяет, на наш взгляд, расширить круг исследуемых перцептивных процессов и вместе с тем сохранить определенность в их понимании и исследовании.

Этот подход заставляет производить в каждом конкретном случае анализ цели, способов решения, наличных средств организма, а от них переходить к рассмотрению конкретного содержания психологических свойств и механизмов соответствующих перцептивных процессов. Одновременно он позволяет сохранить и понимание «восприятия» в узком значении слова.

Так, если перед субъектом стоит задача увидеть предмет и дать отчет о том, «каким он его видит», в его сознании возникает константный, осмысленный образ (Koffka, 1935). «Отдавание отчета» — это тоже решение задачи, задачи специальной, рефлексивной.

(Для решения других задач полный, константный образ предмета не требуется, и при их решении он не появляется.) Например, если требуется обнаружить объект, достаточно заметить «что-то», особенно если это «что-то» ожидается, — реакция следует без полного восприя-

тия. При задаче просто различить объекты часто осуществляется глобальное различение их без полного отражения. В задаче поиска большой удельный вес занимает процесс «негативного опознания»: нерелевантные объекты оцениваются как «не то, что нужно», прочие же их свойства отходят на задний план. Наконец, при организации незрительных действий, например локомотий в сложно оформленном пространстве, перцептивный процесс может вообще не осознаваться.

Как же возникают зрительные задачи? Прежде всего, конечно, в психологических экспериментах по исследованию сенсорных и перцептивных функций человека. Испытуемый, как правило, получает прямую перцептивную инструкцию; предполагается, что он ее принимает: цель, предложенная экспериментатором, становится его сознательной целью. Осознанность перцептивных целей и часто развернутый характер порождаемой ими деятельности являются главными особенностями многих лабораторных экспериментов.

В каких же естественных условиях возникают сознательные перцептивные цели и соответствующая им активность?

Прежде всего необходимо вспомнить о некоторых «перцептивных» видах профессий. Работа дегустаторов, красильщиков, настройщиков является в этом отношении классическим примером. Появление с развитием техники новых средств и объектов отображения, искусственной среды труда и обитания человека вызвало к жизни новые виды перцептивных профессий. Это операторы-наблюдатели, проводящие часы у экранов радиолокаторов, просмотрщики снимков со следами ядерных частиц, дешифровщики аэрофотоснимков, диспетчеры, дежурные у индикаторов и пультов больших систем управления и многие другие. Хотя таким лицам приходится время от времени осуществлять практические действия — нажимать на кнопки и рычаги управления, вводить информацию, отдавать распоряжения и т. п., — этому предшествует подчас длительная и напряженная перцептивная работа, которая не только образует самостоятельный этап деятельности, но и определяет характер профессии в целом.

Особая перцептивная деятельность может порождаться познавательными и эстетическими мотивами. Это всевозможные случаи длительного наблюдения,

рассматривания, созерцания, любования, которые время от времени возникают в нашей жизни или которые мы специально ищем или организуем. Процессы рассматривания, прислушивания, внимательного наблюдения и исследования особенно выражены у детей. Известно, что младенцы первого года жизни проводят в такого рода занятиях большую часть времени бодрствования.

Наряду со сложными последовательностями перцептивных действий мы часто встречаемся с одноактными действиями. Они, как правило, производятся в ходе подготовки других действий, но тем не менее могут быть выделены в качестве самостоятельных. Оценка ширины рва перед прыжком, узнавание знакомого лица перед приветствием, определение достоинства монеты перед бросанием ее в автомат являются примерами таких действий.

Одноактность и даже моментальность перцептивных действий — хорошо известное их свойство. Часто оно описывается как свойство перцептивных образов мгновенно возникать или трансформироваться без видимой активности субъекта. Однако в сложных обстоятельствах мгновенные акты могут развернуться в серию действий. Так, мы нередко медлим с приветствием, пока окончательно не убедимся, что приближающийся человек действительно наш знакомый; перед особенно ответственным прыжком мы много раз «прикидываем» ширину канавы, благоразумно следуя поговорке «семь раз отмерь, один раз отрежь», и т. п.

Подход к перцептивным процессам как к процессам решения задач позволяет охватить единым взглядом качественно разнообразные формы перцептивной активности. Он позволяет одновременно более корректно обсудить место и роль движений глаз в процессах зрения.

Одна из очевидных и общепризнанных функций глазных движений, включенных в перцептивные процессы, — *установочная* (иначе «наводящая», или «транспортная»). С помощью движений глаз производится установка на объект центральной области сетчатки, обладающей наибольшей разрешающей способностью. Очевидно, что такие движения выполняют в составе зрительных действий роль операций. Они осуществляются в порядке выполнения «заказа», поступающего от сис-

темы организации перцептивных действий, и отвечают условиям последних.)

Так, (одним из условий перцептивного действия является размер объекта) с которым это действие производится. Очевидно, что при прочих равных условиях объект больших угловых размеров требует большего количества движений и их большей амплитуды.)

Установочная функция движений глаз не является единственной. Нередко движения глаз наблюдаются в условиях, исключающих эту функцию, например при зрительной работе с объектами небольших угловых размеров, при представлении объекта, в период после кратковременных экспозиций, при стабилизации объекта относительно сетчатки и т. п.

Оказывается необходимым, таким образом, рассмотреть и другие дополнительные функции движений глаз, и в первую очередь *собственно перцептивную*, или функцию «построения образа», которая постулируется «чистыми» моторными теориями восприятия.

Суть «чистых» моторных теорий восприятия, по мнению Ф. Олпорта, может быть выражена следующим тезисом: восприятие объекта есть «только то, что мы с ним делаем» (Allport, 1955).

Если речь идет о зрительном восприятии, то в качестве необходимого звена процесса восприятия постулируются движения глаз. При стимуляции рецепторов сетчатки зрительные афферентные сигналы передаются в глазодвигательные центры и активируют их. Возникают движения глаз (или тенденции к ним), которые соответствуют свойству воздействия, например: амплитуда скачка — длине объекта или расстоянию до стимула; скорость плавных движений — скорости движения объекта; траектория движений глаз — форме объекта и т. п. Сигналы из глазодвигательной системы по обратным связям поступают в «центры восприятия». В результате возникает перцептивный образ предмета или его свойства.)

Варианты моторных теорий различаются лишь в понимании того, какие именно двигательные сигналы «строят» образ. Согласно проприоцептивной теории, это — афферентные проприоцептивные импульсы от реализованных движений глаз (Sherrington, 1918). Согласно иннервационной теории, это — эффекторные команды к движениям глаз (Гельмгольц, 1896).

Иннервационная теория более популярна. Во-первых, она охватывает все факты, на которые опирается проприоцептивная теория, — факты воспроизведения в параметрах глазных движений свойств зрительных стимулов. Более того, она предусматривает необходимость таких движений на ранних стадиях отработки точных моторных команд. Во-вторых, она объясняет многочисленные случаи восприятия при отсутствии глазных движений — случаи, представляющие непреодолимые трудности для проприоцептивной теории. Иннервационная теория считает, что в таких случаях присутствуют «свернутые движения» глаз или «тенденции» к ним (Whitteridge, 1960; Teuber, 1960; Crowitz, Daves, 1962).

Помимо сказанного ослаблению позиций сторонников проприоцептивной теории способствовали факты, свидетельствующие о чрезвычайно низкой разрешающей способности глазной мышечной проприоцепции (Irvine, Ludvigh, 1936; Ludvigh, 1952; Brindley, Merton, 1960).

Напротив, иннервационная теория подтверждается фактами, которые указывают на возможное включение активных эффекторных команд в перцептивный результат (Helmholtz, 1866; von Holst, 1954; Held, 1961; Festinger, Cannon, 1965).

Среди современных представителей иннервационной теории могут быть названы Дж. Тейлор (Taylor, 1962) и Л. Фестингер (Festinger, 1971). Из советских авторов к ним часто относят А. Н. Леонтьева, предложившего гипотезу «уподобления», хотя сам автор не считает обязательным участие в отражении предмета именно двигательных процессов, а допускает мысль о включении «других эфферентных звеньев» (Леонтьев, 1965, с. 182).

Идею двигательного уподобления ассимилирует «праксеологическая концепция» восприятия (Запорожец, Венгер, Зинченко, Рузская, 1967; Зинченко, Вергилес, 1969). Согласно ей, ранней генетической формой перцептивных действий являются практические действия, т. е. движения руки, которые затем переходят на движения «рецепторных аппаратов», в частности глаз, и еще позже — редуцируются.

Ряд авторов, придерживавшихся моторной теории, отошли от нее (Ярбус, 1954, 1956а, 1965; Леушина, 1955, 1958, 1966).

С критикой в адрес моторных теорий выступили В. Д. Глезер (1966), Л. И. Леушина (1966), Э. и Дж. Гибсоны (J. Gibson, E. Gibson, 1955; J. Gibson, 1966; E. Gibson, 1969), Г. М. Андреева, Н. Ю. Вергилес и Б. Ф. Ломов (1972) и др.

Основная идея критики моторных теорий состоит в том, что зрительная система обладает собственно сенсорными (или собственно перцептивными) механизмами для отражения свойств внешних объектов и для этого не нуждается в помощи со стороны моторной системы. Функция движений глаз — второстепенная, в основном установочная. Эту точку зрения называют иногда — в противовес «моторной» — «сенсорной» теорией восприятия.

Часто при критике моторных теорий указывается на логическую некорректность выводов, которые делаются из экспериментальных данных. Случаи совпадения параметров движений глаз со свойствами зрительных объектов не обязательно означают, что движения глаз являются причиной отражения этих свойств. Причинно-следственные отношения могут быть обратными. Например, глаза могут осуществить движения по контуру потому, что этот контур уже предварительно воспринят.

Наконец, справедливо указывается на успешное восприятие свойств, для которых в принципе отсутствуют глазодвигательные эквиваленты — восприятие цвета, фактуры и т. п.

Пожалуй, наиболее убедительное опровержение собственно перцептивной, или «кодирующей», функции движений глаз получено в экспериментах с искусственным ограничением поля зрения подвижного глаза (Андреева и др., 1972). В этих опытах обнаружено, что при ограничении области центрального поля зрения, несмотря на то, что глаза проходят по контуру и таким образом двигательным образом воспроизводят его, опознания объекта не происходит.

С другой стороны, имеются факты, как будто подтверждающие иннервационную теорию. Это, во-первых, быстрое исправление субъективной кривизны прямых линий, наблюдаемых через искажающие линзы, при условии, если глаза движутся по прямой и при этом движутся активно (Taylor, 1962; Festinger et al., 1957; Slotnick, 1969). Во-вторых, более старые факты возникновения иллюзий размера при нарушениях или искаже-

ниях привычных условий работы механизмов конвергенции и аккомодации (Кравков, 1950; Woodworth, Schlosberg, 1958). Наконец, еще более старые факты — которые, однако, продолжают усиленно обсуждаться со стороны их физиологических механизмов — факты «учета» перцептивной системой движений глаз при восприятии движения и неподвижного мира (Helmholtz, 1866; von Holst, 1954; Wurtz, 1968).

Мы ограничиваемся здесь лишь перечислением точек зрения и фактов, предполагая вернуться к более детальному обсуждению их ниже (см. гл. V). Главная цель сейчас — показать, что вопрос о функциях движений глаз остается не только открытым, но и достаточно запутанным.

Во всех исследованиях, которые излагаются в настоящей главе, рассматривается внешняя, фазическая активность глаз при решении зрительных задач: обнаружения, различения, восприятия фигур, опознания и поиска (соответственно § 2.1, 2.2, 2.3, 2.4). Анализ внешних параметров движений глаз — их траектории, распределения по объекту, длительности фиксации и др. — составил эмпирическую основу для рассмотрения более содержательных вопросов, которые можно условно разделить на следующие три группы.

Первую группу составляют вопросы, касающиеся общего состава и хода зрительной деятельности при решении различных задач. Мы пытались через анализ движений глаз раскрыть общую стратегию решения конкретных задач, характер и последовательность действий и входящих в их состав операций. Для расшифровки записей движений глаз использовались дополнительные приемы: вариация объектов, задач и инструкций; анализ продуктивной стороны деятельности; сопоставление объективных записей с субъективными отчетами испытуемых (§ 2.1—2.4).

Другая группа вопросов относится к функциям движений глаз. Мы хотели найти доказательства «кодирующей» функции движений глаз и выяснить их другие возможные перцептивные функции (помимо установочной) (§ 2.2, 2.3).

Наконец, третья группа вопросов относится к внутренним, т. е. прямо не выражающимся в движениях глаз, формам зрительной активности. К ним можно отнести функционирование оперативного поля зрения

(§ 2.1, 2.4), активное преобразование зрительных конфигураций (§ 2.3) и др. Нас интересовало, какое косвенное влияние оказывают эти формы активности на движения глаз и как с помощью регистрации движений они могут быть выявлены и изучены. Обсуждение этого круга вопросов только начато в настоящей главе; оно продолжено в IV главе (§ 4.1—4.4) и завершается в V главе (§ 5.2).

§ 2.1.

ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ САККАДИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ

В излагаемых ниже экспериментах ставилась задача исследовать временные характеристики саккадических движений глаз, которые включены в зрительный процесс, т. е. выступают уже в качестве не самостоятельных действий (см. § 1.3), а вспомогательных операций зрительных перцептивных актов (Гиппенрейтер, 1964).

Главными временными характеристиками скачков являются их латентный период и длительность. Для решения поставленной задачи необходимо было создать такие экспериментальные условия, которые требовали бы обязательного и срочного осуществления скачка глаз.

Известно, что установочные движения глаз в направлении появившегося сигнала возникают далеко не всегда. Их отсутствие особенно характерно для ситуаций, где форма ответной реакции predetermined заранее и не связана с характером сигнала, — в этих случаях появляющийся объект выступает как «пусковой» стимул. Напротив, установочные движения глаз оказываются необходимыми, если ответное действие зависит от характера зрительного объекта и, следовательно, требует его отчетливого восприятия.

Таким образом, разрабатывая методическую схему экспериментов, мы стремились сделать скачок глаз необходимым функциональным элементом сложного перцептивного акта, включающего наряду с обнаружением и операцию опознания зрительного сигнала.

В экспериментах испытуемому предъявлялись световые знаки — «стрелки». В каждой пробе такой знак мог появиться в любом месте зрительного поля, находящемся на расстоянии 10, 20, 30 или 40° от фиксационной точки в одном из 4-х прямых (+) или 4-х «косых» (X) направлений от нее.

Испытуемому давалась инструкция: при появлении стрелки как можно быстрее переместить рукоятку в указанном ею направлении. Стрелка могла быть направлена вверх, вниз, вправо, влево. Соответственно рукоятка могла перемещаться вперед, назад, вправо, влево. Таким образом, дифференцированный двигательный ответ служил отчетом испытуемого о правильности опознания сигнала.

Измерение латентного периода скачка производилось с помощью электронного миллисекундомера, который включался в момент подачи сигнала и выключался электрическим импульсом, возникающим в начальный период скачка (использовался метод электроокулографии). Продолжительность скачка измерялась с помощью временной развертки на осциллографе с точностью до 10 мс. Дополнительно регистрировалось время сложной реакции руки, т. е. время от подачи сигнала до движения-рукоятки.

В специальной серии производилось измерение времени простой двигательной реакции. Условия опытов были теми же; менялась лишь инструкция: при появлении любого сигнала испытуемый должен был как можно быстрее переместить рукоятку вправо, т. е. действовать одинаковым образом, независимо от направления стрелки. Эта серия была проведена с целью сопоставления латентного периода скачка глаз с латентным периодом простой двигательной реакции руки.

В опытах участвовали 4 испытуемых с нормальным зрением. Сигнал в каждой позиции предъявлялся каждому испытуемому по 20 раз.

По результатам опытов средняя длительность латентных периодов скачков глаз оказалась в пределах 240—280 мс (табл. 2—1).

Таблица 2—1
СРЕДНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ
ЛАТЕНТНЫХ ПЕРИОДОВ
СКАЧКОВ ГЛАЗ
И СЛОЖНОЙ РЕАКЦИИ РУКИ
У РАЗЛИЧНЫХ ИСПЫТУЕМЫХ

Испытуемый	Латентный период скачка глаз (мс)	Латентный период сложной реакции руки (мс)
1	240	370
2	250	460
3	250	670
4	280	700

Таблица 2—2
СРЕДНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ
СКАЧКОВ ГЛАЗ
КАК ФУНКЦИЯ
ИХ АМПЛИТУДЫ

Амплитуда скачка (в град)	Длительность скачка (в мс)
10	60
20	70
30	90
40	110

Эта величина не зависела от направления скачка и несколько увеличивалась с увеличением его амплитуды, т. е. с удалением сигналов от фиксационной точки: при расстоянии 10° она составила в среднем 230 мс, при расстоянии 40° — 290 мс (рис. 16).

Длительность скачков также оказалась в прямой зависимости от их амплитуды (табл. 2—2).

В отличие от временных параметров скачков время задержки сложной реакции руки варьировало у наших испытуемых довольно сильно: от 370 мс (исп. 1) до 700 мс (исп. 4 — см. табл. 2—1). Эти вариации были связаны с различной индивидуальной длительностью центрального звена реакции — процессов опознания сигнала и переключения команд на исполнительный орган.

Время простой двигательной реакции руки как в отношении абсолютного его значения, так и его динамики (т. е. зависимости от положения сигнала в поле зрения) оказалось в пределах известных литературных данных (Poffenberger, 1912; Piéron, 1929; Ушакова, 1957). В наших опытах подтвердилась прямая зависимость этого времени от углового расстояния между точкой фиксации и местом появления раздражителя или, иначе говоря, местом проекции сигнала на периферию сетчатки.

Точно такая же зависимость, как указывалось, была обнаружена и в отношении латентного периода скачка глаз. На рис. 16 представлены суммарные результаты по всем испытуемым и всем направлениям в сериях с измерением латентного периода скачка глаз и времени простой реакции. Обращает на себя внимание сходство обеих кривых как по абсолютному уровню, так и по их динамике.

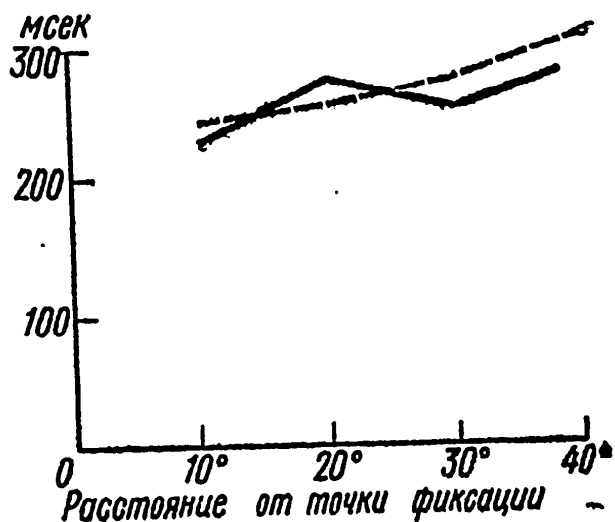


Рис. 16. Зависимость времени простой двигательной реакции руки (сплошная линия) и латентного периода скачка глаза (пунктир) от места появления раздражителя в поле зрения. Средние данные по 4 испытуемым и 8 направлениям от точки фиксации

Полученные результаты позволяют выявить и обсудить ряд существенных моментов.

Это прежде всего совпадение латентных периодов скачков глаз при решении зрительных задач и латентных периодов саккадических движений при решении глазодвигательных задач. Такое совпадение, вообще говоря, заранее нельзя было предсказать, так как скачки в названных задачах (зрительных и глазодвигательных) различаются по ряду важных параметров: деятельности рангу, степени осознанности, осуществляемой функции и т. п. Можно было ожидать, что и уровень построения этих движений, а следовательно, их динамические и кинематические свойства окажутся также различными. Однако это ожидание, по крайней мере, в отношении временных параметров скачков не подтвердилось. Позже различия действительно обнаружились, однако уже не в фазических, а в тонических аспектах глазных движений (см. гл. IV).

Выявленная в опытах «несжимаемость» латентного периода и длительности скачков глаз как компонентов зрительного акта позволяет определить тот предел срочности, с которым может произойти реакция на зрительный периферический стимул, если она предполагает его опознание: процессы опознания и центрального переключения могут начаться не раньше, чем спустя 300—350 мс после появления сигнала (латентный период скачка + его длительность). Это не означает, однако, что при развернутой зрительной работе с объектом такое же время затрачивается на каждое движение глаз, точнее, только на него. Подготовка очередного скачка — происходит одновременно с приемом и переработкой зрительной информации. Об этом говорит типичная длительность фиксаций в зрительных задачах — порядка 200—300 мс (см. § 2.2—2.4).

То, что было сказано о временном лимите, определяемом движениями глаз, относилось лишь к случаям, когда зрительный процесс обслуживается одним скачком. Однако и в этих случаях в принципе возможна экономия времени за счет того же одновременного развития глазодвигательных и зрительных процессов. Так, в наших опытах наблюдались отдельные случаи парадоксального осуществления сложной реакции без предшествующего скачка глаз: скачок совершался или позже двигательной реакции руки, или почти одновремен-

но с ней. Как правило, это наблюдалось при предъявлении сигналов в местах, наименее удаленных от точки фиксации, т. е. на расстоянии 10° и иногда 20° . Поэтому, что в этих случаях движение рукоятки соответствовало сигналу, можно было заключить, что он опознавался правильно. Следовательно, восприятие периферического сигнала происходило одновременно с подготовкой скачка, когда глаз находился еще на фиксационной точке.

Этот факт явился одним из первых, заставивших нас ввести понятие рабочего, или *оперативного, поля зрения* — поля в котором происходит симультанная обработка зрительной информации, необходимой для данного действия (Гиппенрейтер, 1964). Уже первые наблюдения показали, что размеры его не совпадают ни с общим полем зрения, ни с областью центрального зрения. В условиях описанных опытов радиус его составлял $10\text{—}20^\circ$.

Явление оперативного поля имеет не только теоретический интерес. Оно может быть привлечено к решению важных практических вопросов. Так, если в задачах, предполагающих экстренное реагирование на зрительный сигнал, последний будет предъявляться в пределах оперативного поля, то время сложной реакции может быть сокращено, по крайней мере, вдвое за счет исключения глазодвигательного звена.

Последний факт, который мы хотели бы обсудить в связи с изложенными опытами, состоит в практическом совпадении латентного периода скачков глаз с временем простой двигательной реакции руки (см. рис. 16). На первый взгляд может показаться, что это свидетельствует об общей природе обеих реакций. И действительно, они проходили по типу старт-реакций, вызываемых лишь фактом появления стимула и не предполагающих его идентификации. Реакция глаз, однако, существенно отличалась от реакции руки: если реакция руки представляла собой стереотипное стандартное движение, то скачок глаз по направлению и амплитуде всегда строго соответствовал месту случайного появления сигнала. Это делало его аналогом сложной двигательной реакции, или реакции с выбором.

Сочетание в установочном скачке преимуществ простой (быстрота) и сложной (избирательная направленность) двигательных реакций обнаруживает возмож-

ность в условиях современных технических средств использовать фазические движения глаз, включенные в состав перцептивных процессов, для получения непосредственных сигналов управления. Реализация этой возможности означала бы «замыкание накоротко» процесса перевода информации о месте зрительного стимула в сигналы управления. Выключение миллисекундомера скачком глаза, примененное в нашей методике, можно было рассматривать как модель практического решения этой задачи.

Учитывая, что среднее время, затрачиваемое на скачок глаз, составляет 300—350 мс, а средняя продолжительность дифференцированной двигательной реакции руки, даже такого простого типа, который был использован в наших опытах, — 600 мс, становится понятным, что осуществление указанной возможности может дать существенную, для данных временных масштабов, экономию времени.

В этом параграфе речь шла о первом скачке глаз на объект. Как правило, он был и единственным, поскольку обеспечивал одноактное опознание сигналов. В остальных параграфах этой главы мы будем иметь дело с более развернутыми видами зрительной деятельности, глазодвигательное обслуживание которой в подавляющем большинстве случаев не ограничивается одним установочным скачком.

§ 2.2.

О ФУНКЦИЯХ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ В ЗАДАЧЕ РАЗЛИЧЕНИЯ

Вопрос об участии движений глаз в зрительном восприятии продолжает усиленно обсуждаться на страницах физиологической и психологической литературы.

В последнее время чаша весов в споре между представителями моторной и сенсорной теорий как будто стала склоняться в сторону последней. Однако по-прежнему остается необъясненным, например, факт постоянного присутствия движений глаз при решении некоторых метрических задач. Они упорно сохраняются даже

в тех случаях, когда с точки зрения сенсорной теории необходимость в них полностью исчезает.

Без исчерпывающего ответа на вопрос о функциях движений глаз невозможно решить спор между моторной и сенсорной теориями. Этот вопрос будет возникать с тем же постоянством, с каким появляются сами движения глаз при решении большинства зрительных задач.

Выяснение возможности иных функций глазных движений (кроме установочной) было проведено нами на модели задачи зрительного различения (Бороздина, Гиппенрейтер, 1969).

Испытуемым предъявлялись пары отрезков прямой, расположенных по горизонтали. Предлагалось сравнить эти отрезки по длине, работая возможно более точно. Никакими дополнительными условиями — временем, способом работы, положением или движениями глаз — испытуемые не ограничивались (за исключением просьбы фиксировать световую точку в центре экрана в периоды между предъявлениями объектов).

Относительная разность длины отрезков (она определялась по формуле $\frac{l_2 - l_1}{l_1}$, где l_1 , l_2 — длины первого и второго отрезков) варьировала от 0 до 0,5, т. е. от подпороговых до явно надпороговых значений.

Эксперименты включали две серии. Первая серия проводилась с макрообъектами: угловой размер отрезков менялся в пределах 4—6°; вторая — с микрообъектами: длина отрезков варьировала в пределах 40'—1°.

В каждом опыте испытуемые оценивали по 10—20 пар отрезков. Их относительная разность менялась в случайном порядке.

Регистрация движений глаз проводилась с помощью фотооптического метода. Экспериментальная установка позволяла получать и пространственную, и временную развертку движений глаз.

Испытуемые не проходили периода предварительной тренировки: записи движений глаз начинались после одного сеанса, имевшего целью ознакомление испытуемых с условиями экспериментов.

В экспериментах приняли участие 6 испытуемых в возрасте от 18 до 26 лет с нормальным зрением.

Результаты опытов оказались следующими. В области слегка надпороговых, пороговых и подпороговых различий между линиями наблюдалась отчетливая двигательная активность глаз, которая предшествовала ответу испытуемых. Она выражалась, во-первых, в больших скачках, переводящих глаза с одного отрезка на другой, во-вторых, в более мелких скачках, совершавшихся в пределах каждого отрезка.

Характер двигательной активности глаз полностью сохранялся при переходе с макро- на микрообъекты.

В обеих сериях ~~имела~~ место явно выраженная тенденция к увеличению числа скачков, ~~обоих видов при~~ уменьшении разницы между линиями, т. е. при затруднении оценок. На рис. 17, А и Б представлены графики зависимости среднего количества фиксаций, приходящихся на каждую пару сравниваемых отрезков, от степени их различия. Рисунки отчетливо иллюстрируют оба отмеченных выше факта: уровни кривых в сериях с макро- и микрообъектами примерно одинаковы, и их максимумы приходятся на подпороговые и пороговые зоны.

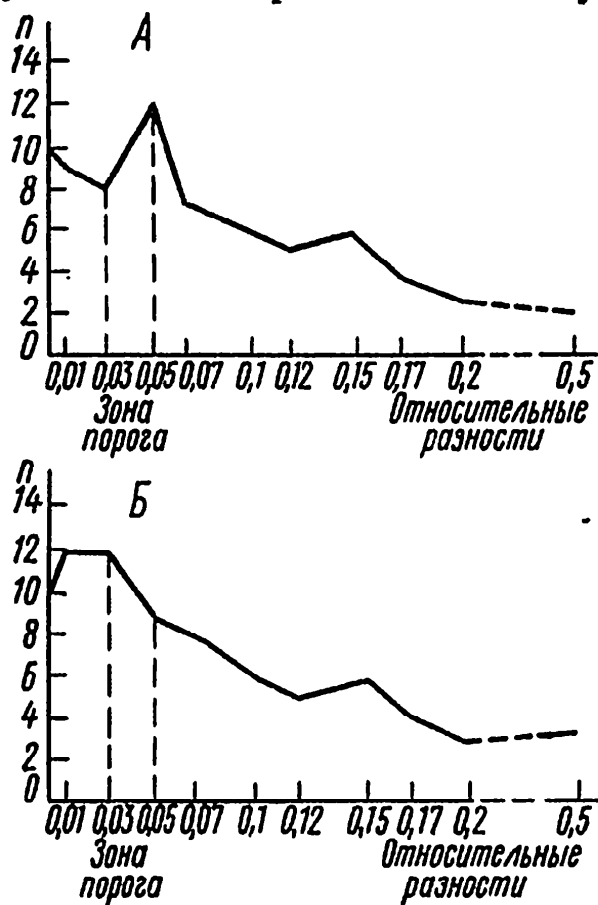


Рис. 17. Графики зависимости среднего количества фиксаций от относительной разности отрезков (данные по 5 испытуемым):

А — серия с макрообъектами; Б — серия с микрообъектами

каждой группе. Анализ показал, что «одинарные» фиксации преобладают при всех различиях; «двойные» появляются в надпороговой области, достигая максимума в зоне порога. Группы, состоящие из трех и более фиксаций, концентрируются только в области пороговых и подпороговых различий.

На рис. 17 видно, что кривые имеют тенденцию приближаться к абсциссе по мере увеличения разницы между линиями. Это означает уменьшение моторной активности глаз при возрастании различий между линиями. При явных различиях между отрезками оценка их относительной длины могла осуществляться за одну фиксацию — из той центральной позиции, где глаз находился перед предъявлением отрезков.

При анализе записей движений глаз особое внимание было уделено амплитудам мелких скачков. Было обнаружено, что они, как правило, не совпадают с длиной оцениваемого отрезка. В серии с макрообъектами глаза работали преимущественно внутри отрезков: подавляющее большинство скачков было существенно меньше длины отрезков.

В серии с микрообъектами имели место случаи, когда длина скачков, наоборот, превышала длину отрезка. Число же совпадений в обеих сериях было невелико. В табл. 2—3 дано процентное распределение скачков разной относительной амплитуды (определяемой отношением амплитуды скачка к длине отрезка).

Таблица 2—3

ПРОЦЕНТНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКАЧКОВ
РАЗНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ АМПЛИТУДЫ
(средние данные по 6 испытуемым)

Относительная амплитуда	I серия—макрообъекты	II серия—микрообъекты
0,3—0,5	71	14
0,6—0,8	23	50
0,9—1,1	6	14
1,2—1,5	—	22

Как видно из таблицы, в серии с макрообъектами наиболее часты (71%) скачки с относительной амплитудой 0,3—0,5, довольно большой процент скачков (23%) приходится на амплитуды 0,6—0,8. В серии с микрообъектами самый большой процент приходится на скачки с амплитудой 0,6—0,8. Относительно большой процент (22%) составляют скачки с амплитудой 1,2—1,5. Таблица показывает, что и в серии с макро-, и в серии с микрообъектами количество скачков, амплитуда которых равна оцениваемому отрезку, незначительно (соответственно 6 и 14%).

Не найдя соответствия между абсолютными значениями амплитуды скачков и длиной отрезка, мы поставили вопрос: не существует ли между ними относительной зависимости в том смысле, что не приходится ли на отрезок, оцениваемый как «большой», скачки большей амплитуды, а на отрезок, оцениваемый как «меньший», скачки меньшей амплитуды?

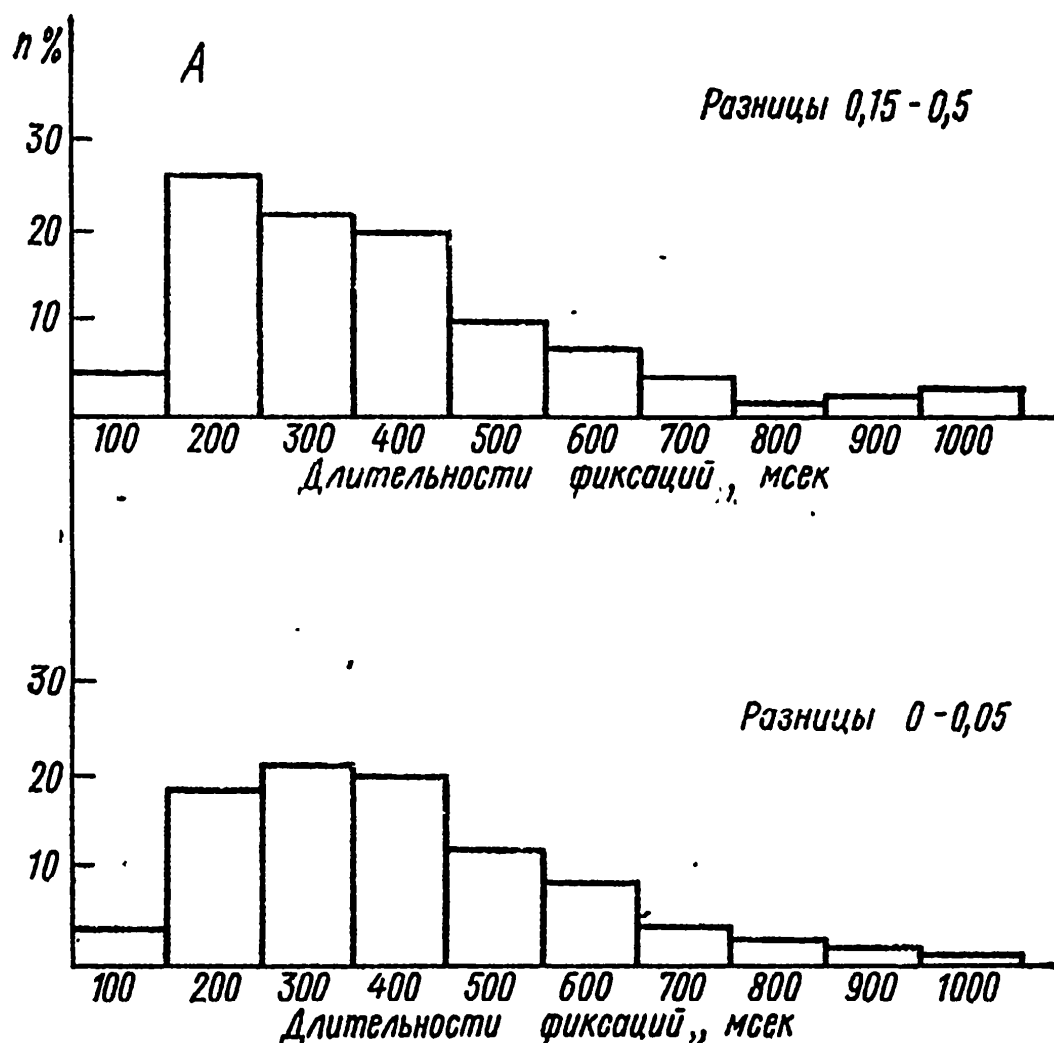
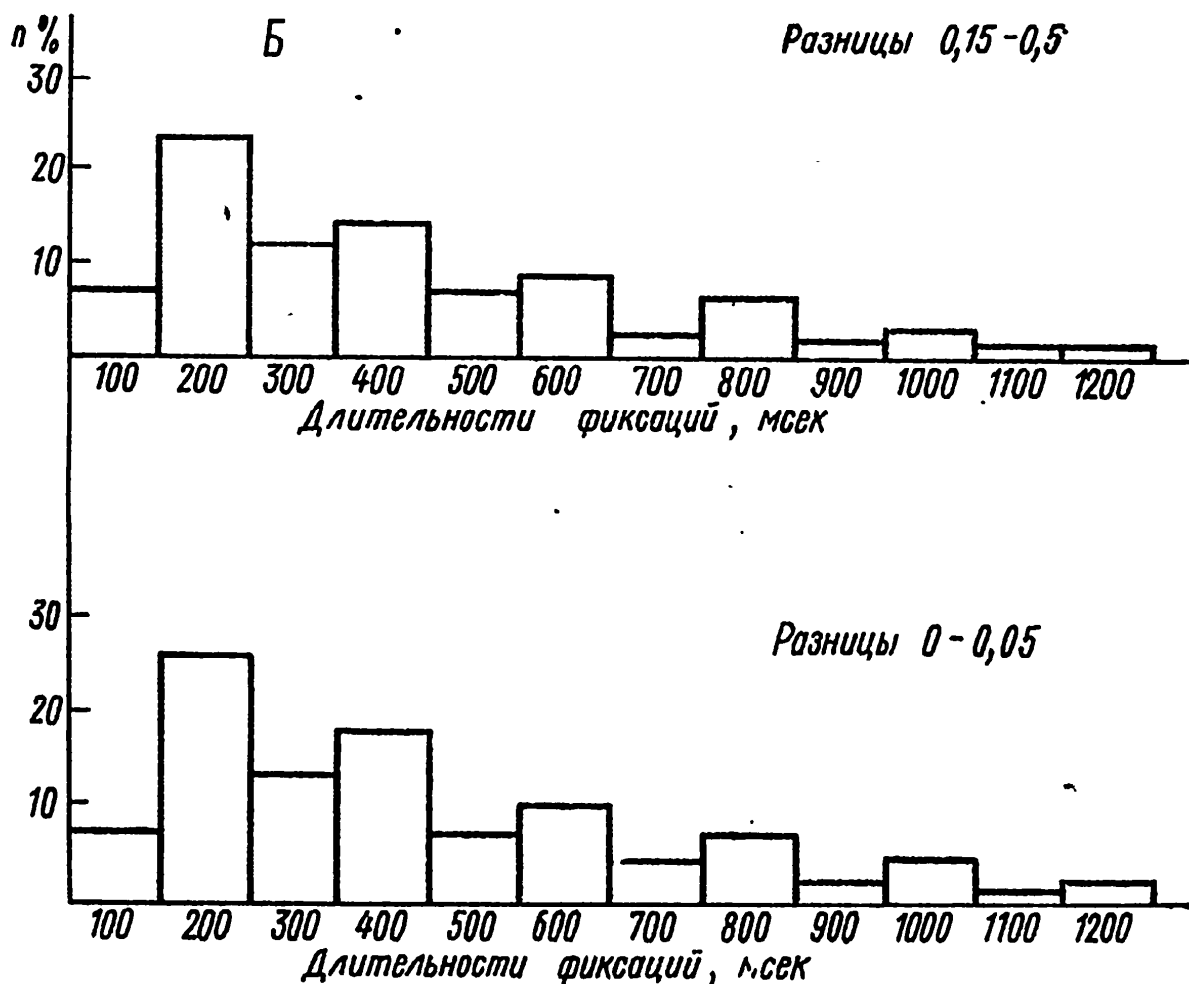


Рис. 18. Гистограммы распределения длительностей фиксации (0,05) различий
А — серия с макрообъектами;

Для ответа на этот вопрос были проделаны следующие операции: из амплитуды скачков, относящихся к отрезку с оценкой «большой», вычиталась амплитуда скачков, относящихся к отрезку с оценкой «меньший»; затем подсчитывался процент положительных и отрицательных разностей. В случае существования указанной выше зависимости количество положительных разностей должно было бы значительно превышать 50%. По нашим подсчетам оно составило 34%. Таким образом, корреляции между амплитудой скачков и последующей оценкой размера обнаружено не было.

Важные сведения, дополняющие картину двигательной активности глаз, были получены при подсчете длительности фиксации. На рис. 18, А и Б приведены гистограммы длительностей фиксации в сериях с макро- и микрообъектами. Легко видеть, что как в зоне пороговых, так и в зоне сильно надпороговых различий меж-



ций при оценке надпороговых (0,15—0,5) и пороговых (0—
между отрезками:

Б — серия с микрообъектами

ду отрезками, распределения длительностей фиксации одинаковы (гистограммы в этих зонах почти тождественны по форме). Особенно важным фактом, на наш взгляд, является отсутствие увеличения длительности фиксации в зоне малых различий. Как видно из гистограмм, в обеих сериях основную долю составляют фиксации от 200 до 400 мс.

Почему учащаются
скачки глаз?

Главный факт, полученный в описанных опытах, состоял в увеличении количества мелких скачков, которые глаз совершал в пределах одного отрезка, при уменьшении различий между отрезками. Этот факт за-

кономерно повторялся у всех испытуемых в обеих сериях опытов. Попытаемся объяснить его с позиций сенсорной и двух вариантов моторной теорий.

Согласно сенсорной теории, единственная роль произвольных саккадических движений глаз состоит в наведении центрального зрения на объект. Описанное увеличение движений глаз эта теория могла бы объяснить необходимостью более тщательно наводить область «ясного видения» на оцениваемые отрезки. Такое объяснение вполне пригодное для скачков, осуществлявших перевод глаз с одного отрезка на другой, кажется нам неудовлетворительным в отношении скачков, совершавшихся в пределах одного отрезка.

Во-первых, если бы функция движений глаз была только установочной, то в серии с микрообъектами, где каждый отрезок был существенно меньше диаметра фовеа ($40' - 1^\circ$), скачки глаз должны были либо совершенно исчезнуть, либо число их — значительно сократиться. Однако, как мы уже отмечали, количество скачков полностью сохранялось при переходе к микрообъектам.

Во-вторых, о наводящей функции движений глаз возможно говорить в том случае, когда смена точек фиксации сопровождается появлением в центральной области сетчатки объекта или его части, ранее проецировавшихся на периферию. Поскольку объектами в наших экспериментах были отрезки прямой, смещение глаз по ним не приводило к качественному изменению информации — в поле центрального зрения оставался отрезок все того же вида, только несколько смещенный относительно центра фовеа. Таким образом, сенсорная теория не может убедительно объяснить причину возникновения, а также функцию мелких скачков.

Что касается проприоцептивного варианта моторной теории, то он не нашел подтверждения в наших опытах. Поскольку в них не обнаружилось соответствия между длиной отрезков и амплитудой движений глаз, а также между этой последней и субъективной оценкой длины отрезков, нет никаких оснований полагать, что в основе оценок лежало «перекодирование» зрительных сигналов в проприоцептивные с последующим анализом последних.

С точки зрения иннервационной теории полученное в наших опытах усиление двигательной активности глаз при уменьшении разницы между линиями можно было

бы отнести за счет вторичного развертывания двигательного звена в трудных условиях. Правильность такого предположения можно было проверить по следующим его необходимым следствиям. Во-первых, усложнение задачи (уменьшение разницы между отрезками) должно было иметь следствием более тщательную «настройку» глаз на соответствующее движение. Это, в свою очередь, должно было приводить к увеличению латентного периода скачков, т. е. длительности фиксаций. Во-вторых, если движения глаз при усложнении задачи приобретали развернутую внешнюю форму (для усиления сигнала об их амплитуде и, следовательно, длине отрезка), то естественно было ожидать увеличения соответствия между амплитудой скачков и длиной отрезков. Однако оба указанных следствия не имели места в наших опытах.

Можно было бы, конечно, предположить, что для оценки использовалась «внутренняя» сторона скачков, никак не проявлявшаяся во внешних параметрах, этих движений. Но, во-первых, латентный период относится как раз к внутренним аспектам движения как период его подготовки; во-вторых, такое предположение снова оставляет открытым вопрос о причине появления и увеличения числа скачков, а также об их функции.

Невозможность объяснить полученные в экспериментах факты в рамках сенсорной и обоих классических вариантов моторной теории заставила нас искать новое объяснение.

В настоящее время в психологии восприятия все большее распространение получает еще одна точка зрения на связь зрительного восприятия с активными движениями организма. В наиболее отчетливой форме она представлена, например, в работах (Дж. Гибсона) (J. Gibson, 1966); Р. Хелда (Held, 1961) и суммирована в обзоре Д. Бома (1967).

Эта точка зрения основана на подчеркивании того факта, что результатом движений глаз, головы и всего тела является возникновение закономерных изменений зрительной стимуляции. Характер этих изменений определяется как пространственными свойствами объекта, так и параметрами производимых движений. Выделяя и усваивая «инвариантные взаимосвязи» между собственными движениями и их зрительными следствиями, организм осваивает пространственные отношения внеш-

него мира. Предлагаемое ниже объяснение фактов, полученных в наших экспериментах, во многом совпадает с этим представлением.

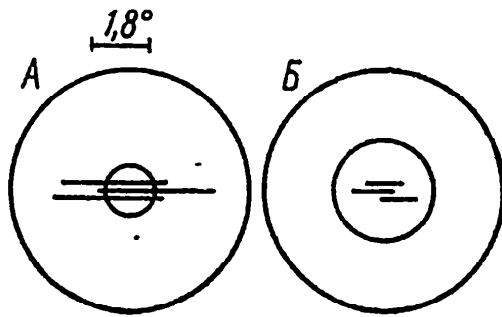


Рис. 19. Схематическое изображение проекций одного отрезка на сетчатке (маленький кружок соответствует фовеа) в результате серии мелких последовательных скачков:

А — серия с макрообъектами; Б — серия с микрообъектами

По нашему мнению, необходимо прежде всего различать механизмы, лежащие в основе грубых и тонких оценок. Если перед субъектом стоит задача сравнить сильно различающиеся объекты, то он может решить ее за счет использования врожденных сенсорных механизмов (Hubel, Wiesel, 1952; Глезер, 1966). Если же разница между воздействиями незначительна, а от субъекта требуется возможно более точная оценка ее, то субъект не может положиться на первые впечатления, так как они скорее подсказывают ему, что объекты одинаковы, чем что они различны. В результате разворачивается специальная активность по добыванию дополнительной информации.

Движения глаз, и в первую очередь мелкие скачки, зарегистрированные у наших испытуемых, и являлись выражением такой активности.

В чем же конкретно состояла функция мелких скачков? Для ответа на этот вопрос необходимо обратить внимание на тот факт, что серии скачков приводили к многократным смещениям проекций отрезков на сетчатке (рис. 19)¹. По нашему предположению, организация таких повторных проекций обеспечивала уточнение длины отрезков.

Высказывая это предположение, мы исходим из того очевидного факта, что в результате всего двигательного опыта субъекта один и тот же объект оказывается для него связанным с целым комплексом зрительных

¹ Рисунок представляет собой схематическое изображение смещений проекции одного отрезка на сетчатке в результате скачков глаз. Проекция восстановлена по двум конкретным записям движений глаз (в серии с макро- и микрообъектами), содержащим среднее число скачков для данной относительной разницы отрезков (0,05).

впечатлений. Отдельные впечатления связаны друг с другом закономерными переходами, которые определяются параметрами вызвавших их движений. Образно говоря, в восприятие данного объекта — его величины, формы и т. п. — входит «знание» того, как он будет выглядеть, оказавшись в результате определенного движения спроецированным на другие участки сетчатки.

Такая комплексная структура зрительных образов создает организму широкие возможности для активного исследования, уточнения свойств внешнего мира с помощью собственных движений, в том числе движений глаз. Если первые впечатления неполны или недостаточно полны для решения определенной зрительной задачи, то, добиваясь серией активных движений вариации зрительных сигналов, он восполняет недостающие элементы комплекса, одновременно проверяя возникающие по ходу уточнения гипотезы.

Такую функцию варьирования качества сигналов о длине отрезков и выполняли мелкие скачки глаз у наших испытуемых.

Изложенное представление позволяет объяснить также и другие полученные в экспериментах факты. Сходство всех характеристик движений глаз в сериях с макро- и микрообъектами, не объяснимое с точки зрения классической сенсорной теории, становится понятным, если учесть, что движения глаз обеспечивали уточнение сведений о длине отрезков, в равной мере необходимое в обеих сериях.

Отсутствие соответствия амплитуды движений глаз величине отрезков вполне согласуется с предположением о том, что функция этих движений состояла не в измерении отрезков, а в смещении их проекции на новые участки сетчатки.

Наконец, увеличение в пороговой зоне также количества и больших скачков, переводящих глаз с одного отрезка на другой, можно объяснить усилением в этой зоне необходимости проверки гипотез об относительной длине сравниваемых отрезков, возникающих в результате работы с каждым из них.

Изложенные факты и соображения заставляют расставить несколько другие акценты в споре между сторонниками сенсорной и моторной теорий. Исторически

сложилось так, что представители сенсорной теории выступали одновременно как защитники идеи о пассивном характере восприятия, а сторонники моторной — как защитники представлений об активном его характере. Результаты настоящей работы показывают, что оценка пространственных свойств осуществляется как активный процесс, необходимо включающий движения глаз, и в этой части изложенная гипотеза согласуется с духом моторной теории. Вместе с тем она предполагает, что роль движений глаз не в поставке проприоцептивных или иннервационных импульсов, а в обеспечении направленных изменений зрительной стимуляции, т. е. стимуляции, поступающей в зрительную систему извне.

§ 2.3.

ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ ПРИ ВОСПРИЯТИИ ОБРАЩАЮЩИХСЯ ФИГУР

Обратимые, или двузначные, изображения известны еще со времен Евклида. Интерес к ним особенно усилился с развитием экспериментальной психологии. Исследователи прошлого и настоящего столетий вновь и вновь возвращались к изучению этого феномена. Так становятся широко известными «лестница Шредера» (1858), «мельница Синстедена» (1860), «куб Неккера» (1883), «жена и теща» Боринга (1930) и др. Двухзначные изображения оказываются в центре внимания гештальтпсихологов, которые используют их в качестве классической иллюстрации обращения отношений «фигуры» и «фона» (Rubin, 1921). Такое внимание к обращающимся фигурам объясняется тем, что их восприятие сопровождается яркими субъективными эффектами; они в основном сводятся к следующему.

Воспринимая сначала одно изображение, наблюдатель вдруг обнаруживает в тех же контурах совершенно другую фигуру. При этом особенно примечателен тот факт, что смена картин вызывается не внешними изменениями объекта, а происходит благодаря некоторому внутреннему процессу «переструктурирования» элементов объекта. Второе изображение не всегда возникает спонтанно; иногда оно предполагает подсказку. Однако

и в этом случае наблюдатель может не увидеть его сразу или вообще не увидеть, несмотря на усиленные попытки. В таких случаях субъект мучительно ищет другое изображение, пытаясь взглянуть на картину «как-то иначе», в то время как воспринимаемая фигура навязчиво «лезет» в глаза. Увидав, наконец, второе изображение, наблюдатель может затем «вызывать» каждую фигуру поочередно; иногда же они сами начинают сменять друг друга, так что становится невозможно долго удерживать какую-либо из них².

Даже беглое описание субъективных явлений, возникающих при рассматривании двойных фигур, обнаруживает ряд фундаментальных свойств восприятия. Это его *активность*, выражающаяся в том, что воспринимаемый образ не определяется однозначно графическим рисунком, а как бы конструируется из его элементов; это его относительная *автоматичность*, проявляющаяся в моментальности возникновения одного изображения, в навязчивости и в самопроизвольной смене изображений; наконец, его *избирательность*, обнаруживающаяся в невозможности одновременно видеть оба изображения, и т. п. Следует сказать, что ни одно из этих свойств зрительного восприятия не проявляется с такой отчетливостью при наблюдении «одинарных» изображений, и именно это обстоятельство делает двойственные изображения незаменимыми объектами исследования перцептивных процессов. Здесь обнаруживается прежде всего возможность экспериментального исследования той активности, которая приводит к «драматическому» возникновению образов.

Уже давно было замечено, что смена точек фиксации на двузначных фигурах способствует их обращению. На основании этого делался вывод, что движения глаз ответственны за обращение фигур (Wallin, 1905; Titchener, 1906).

Исследователи, предпринявшие экспериментальную проверку этой гипотезы, в качестве возможной альтернативы выдвинули противоположный тезис, что смена фигур происходит в результате какого-то центрального

² Читатель может убедиться в существовании описанных феноменов на собственном опыте, если он попытается обращать фигуры, приведенные на рис. 20 и 21 (мы надеемся, что нанесенные на них точки фиксации глаз окажутся не слишком большой помехой).

процесса, а движения глаз являются ее следствием (Zimmer, 1913; Sisson, 1935; Pheiffer et al., 1956).

Основной способ проверки обеих гипотез состоял в подсчете числа случаев, когда обращение фигур предшествовало скачку глаз и когда оно за ним следовало. Перевес оказался на стороне первых. На основании этого все только что цитировавшиеся авторы пришли к выводу, что движения глаз — не причина, а следствие обращения фигур.

Нужно, однако, заметить, что способы исследования движений глаз в указанных работах имели существенные недостатки. Это были либо визуальное наблюдение через увеличительное стекло (Zimmer, 1913), либо техника регистрации с низкой разрешающей способностью (Sisson, 1935; Pheiffer et al., 1956). В результате не создается уверенности в том, что в этих экспериментах выявлялись все движения глаз, особенно движения очень малой амплитуды. Кроме того, при указанных способах обработки неизбежно возникал вопрос: в пределах какого временного промежутка, включающего сигнал об обращении фигуры и скачок глаз, правомерно было признавать наличие причинно-следственных отношений? Решая этот вопрос, экспериментаторы, по их же собственному признанию, выбирали указанный интервал произвольно.

Не удовлетворяясь имеющимися в литературе данными, мы предприняли самостоятельное исследование эффектов обращения фигур, используя высокочувствительную технику регистрации движений глаз (Гиппенрейтер, Седакова, 1970). Задачей экспериментов было получить дополнительные данные об особенностях движений глаз при обращении фигур. На основе этих данных мы предполагали рассмотреть вопрос об отношении моторных и собственно перцептивных аспектов описываемого феномена, а также о возможной функции движений глаз.

В качестве объектов использовалось 7 различных фигур: 4 геометрические фигуры типа «куб Неккера» и 3 изображения — картины типа «профили — ваза».

Испытуемым после предварительного ознакомления с каждым объектом предлагалось по сигналу экспериментатора поочередно «вызывать» каждую фигуру или изображение, отмечая момент смены изображений нажатием на кнопку.

Для регистрации движений глаз использовался фотооптический метод. Установка позволяла получать одновременно пространствен-

ную и временную развертку траектории движений глаз. Команда экспериментатора к обращению и сигнал от кнопки испытуемого отмечались на той же фотобумаге, на которой регистрировались движения глаз испытуемого³. Эта техника позволяла с большой точностью определять характер поведения глаз после подачи команды об «обращении» изображения, в момент возникновения нового изображения с учетом латентного периода нажатия испытуемым на кнопку и в период, следующий за этим моментом. В опытах участвовали 5 испытуемых.

Записи показали, что в начальный период работы с объектами наиболее частыми были случаи, когда обращению фигур предшествовали скачки глаз. В процессе повторной работы с одним и тем же объектом намечалась отчетливая тенденция к сокращению количества фиксаций перед появлением нового изображения, а также к уменьшению их пространственного разброса (рис. 20, А, Б, В). Если при первых попытках увидеть новое изображение количество фиксаций в среднем было равно 8, то при повторных произвольных обращениях фигур оно сократилось до 5, а у отдельных испытуемых — до 2 на каждое появление нового варианта фигуры. Характерно, что фиксации всегда группировались в определенной зоне объекта и никогда не распределялись по его контуру.

По мере повторных предъявлений выделялись зоны, в которых испытуемому было легче всего вызывать и удерживать данное изображение. Таким образом, эти зоны оказывались как бы изобразительными центрами каждой фигуры и в то же время центрами «отстройки» от конкурирующего изображения (рис. 21, А, Б).

Иногда при достаточно длительной работе с объектами перевод взгляда в соответствующую зону становился недостаточным для удержания одного изображения: оно автоматически «обращалось» в другое. В результате испытуемый оказывался способным видеть из одной этой зоны любой вариант объекта. В этих случаях он начинал искать третью зону, переход в которую облегчил бы ему процесс «отстройки» от мешающего изображения. На рис. 21, В показана такая третья позиция, которая функционально заменила вторую.

³ В момент нажатия на кнопку открывалась дополнительная диафрагма в осветителе и луч, отраженный от зеркальца присоски, раздваивался.

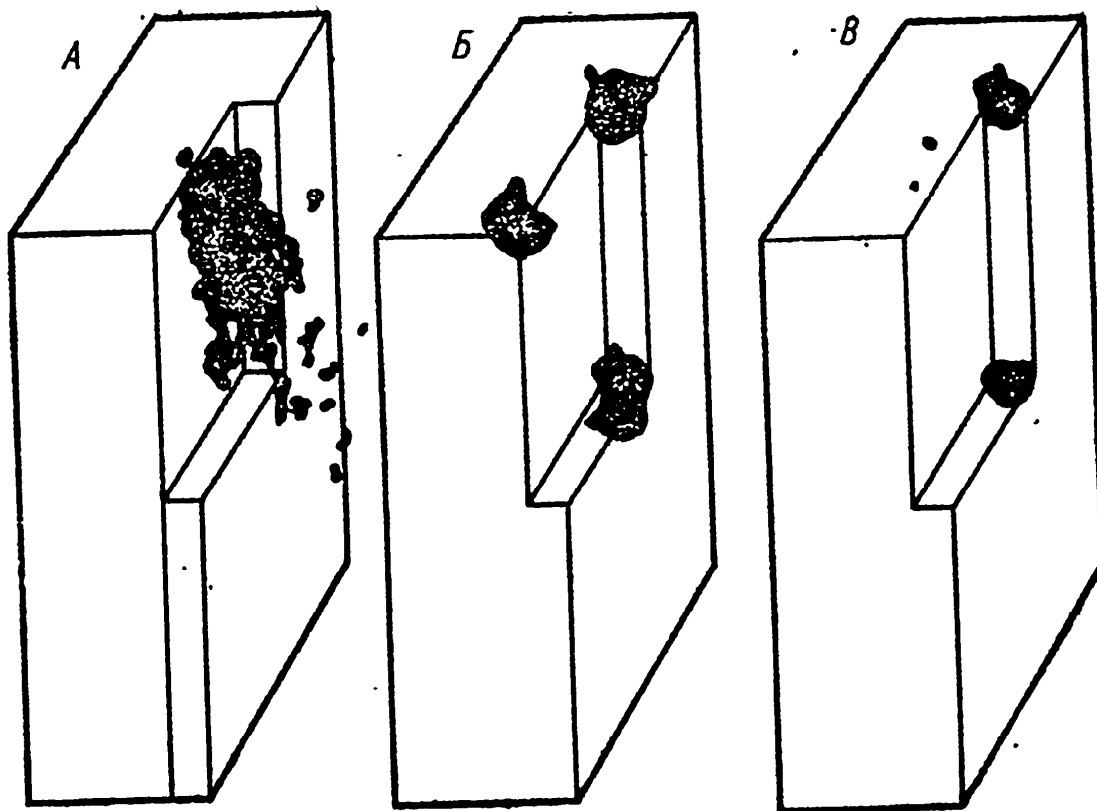
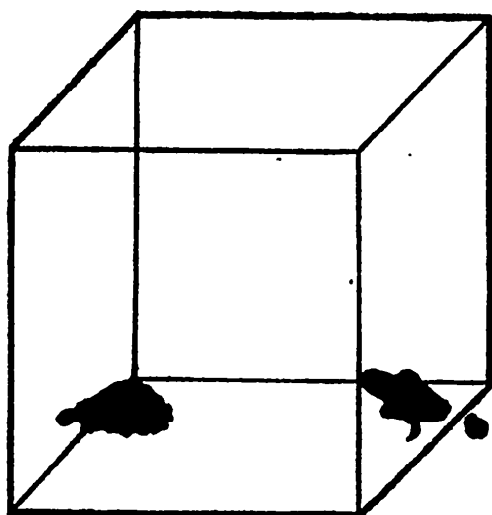


Рис. 20. Движения глаз при задаче поочередно воспринимать разные варианты обращаемой фигуры «ящик»:
А — первые попытки; Б и В — на стадии освоенного действия

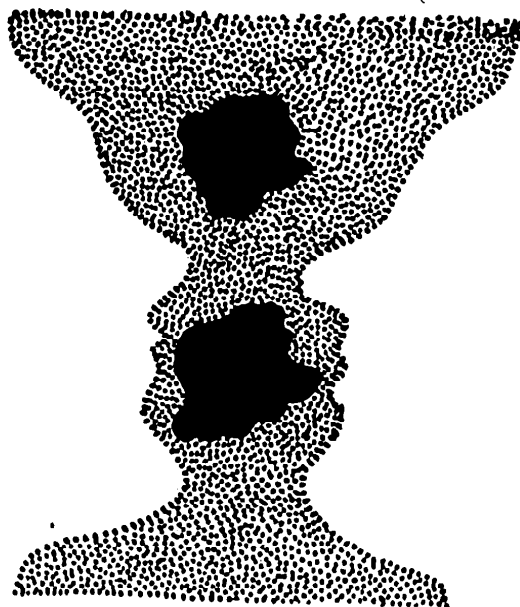
Переключение с одного изображения на другое не всегда сопровождалось перемещением глаз. При восприятии некоторых объектов наблюдалась редукция области макродвижений глаз до одной зоны: фиксируя ее, испытуемый видел поочередно оба изображения.

На рис. 21, Г показана «лестница Шредера» с записью движений глаз одного из испытуемых, который, фиксируя одно место объекта, несколько раз «обращал» изображение. Длительности фиксаций, в течение которых происходили неоднократные обращения этой фигуры, достигали 2 с. В эти периоды полного отсутствия внешней двигательной активности глаз испытуемый, по его словам, старался «вытянуть» или «вдавить» фиксируемый угол, и это приводило к восприятию всего объекта то как «лестницы», то как «карниза».

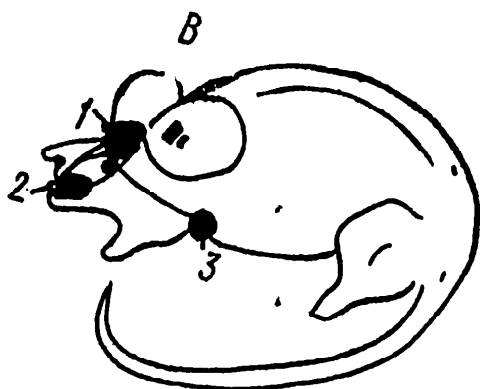
Дополнительная информация была получена при статистической обработке длительности фиксаций. Было проведено сопоставление средних длительностей фиксаций при поиске другого варианта фигуры и фиксаций, непосредственно предшествующих смене изображений. Различие между обеими величинами (соответ-



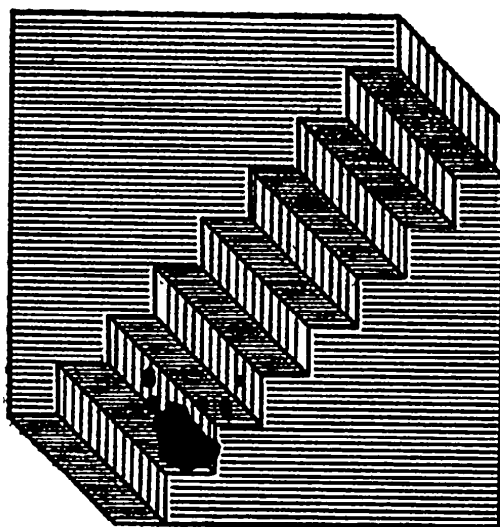
А



Б



В



Г

Рис. 21. Зоны фиксации при восприятии разных вариантов обращающихся фигур:

А — куб Неккера; Б — профиль — ваза; В — мужчина — мышь; Г — лестница Шредера

ственно 320 мс и 580 мс) оказалось довольно значительным и достоверным.

Были также сопоставлены средние длительности фиксации, предшествующих обращению фигур различной трудности. По словам самих испытуемых, «картинки» обращать и удерживать было легче, чем геометрические фигуры. Средняя длительность фиксации, предшествующих обращению содержательных картин, составила 400 мс, геометрических объектов — 650 мс.

Наконец, аналогичные данные были получены для «трудных» и «легких» вариантов одной и той же фигу-

ры. Так, у одного испытуемого перед вызыванием легких вариантов средняя длительность фиксаций составила 320 мс, а перед восприятием трудных — 580 мс.

Полученные результаты позволяют более четко ответить на вопрос об участии движений глаз в восприятии двойных изображений.

Прежде всего они показывают, что движения глаз не являются непосредственной причиной обращения фигур. Об этом говорят, с одной стороны, случаи обращения фигур без предшествующих движений глаз, с другой — случаи, когда за многочисленными «поисковыми» движениями глаз не наступало обращение фигур.

Наряду с этим в опытах обнаружился другой вид зрительной перцептивной активности, прямо противоположный двигательной активности глаз. Он выражался в «затяжных» фиксациях при попытках вызвать изображение, не меняя позиции глаз, а также перед восприятием более трудного изображения. Очевидно, что эти длительные фиксации были лишь отражением внутренней работы, в остальных своих чертах не раскрывавшейся во внешнем поведении глаз. Добавим, что затяжные фиксации сами по себе не являлись причиной обращения фигур, так как многие из них, несмотря на усилия испытуемого, не приводили к желаемому результату.

Можно задать вопрос: а не происходила ли во время затяжных фиксаций, предшествовавших обращению фигур, усиленная работа «внутренней» моторики, выражавшаяся в том, что глаз «обегал» контур искомой фигуры с целью «построить» ее образ? Двойственные изображения замечательны тем, что в отличие от «одинарных» фигур позволяют с уверенностью дать отрицательный ответ на этот вопрос. Дело в том, что у обоих аспектов изображений имелся один и тот же контур, и никакое движение по нему не могло «построить» образ одной фигуры и «подавить» образ другой.

Еще один важный вопрос: была ли у движений глаз в данных опытах полезная функция? На наш взгляд, да. Она состояла в перемещении глаз в оптимальную для восприятия данной фигуры позицию. Интересно, что такая позиция находилась не сразу, о чем свидетельствует большой разброс фиксаций в начальные периоды работы с объектом (см. рис. 20, А).

Что же руководило движениями глаз, если сами они не могли «руководить» перцептивным процессом? На наш взгляд, таким определяющим началом были внутренние перцептивные действия, содержание которых состояло в организации элементов изображения. Процесс организации формы объекта является высокоавтоматизированным навыком, «срабатывание» которого у наших испытуемых приводило к моментальному восприятию одной из фигур при первом взгляде на объект. Для того чтобы увидеть другое изображение, необходимо было актуализировать другой перцептивный навык в условиях противодействия первого, уже реализовавшегося.

Трудности и напряженность действий в условиях интерференции двух навыков хорошо известны в любых видах деятельности: двигательной, речевой, интеллектуальной и др. Субъект обычно ищет любые дополнительные средства, которые помогли бы ему достичь цели.

Типичными вспомогательными средствами при организации зрительных действий являются движения глаз, которые приводят к разнообразным изменениям зрительной информации на «входе», или, проще говоря, изменениям вида объекта. Они и включались в попытки решить задачу. С нахождением оптимальной для восприятия каждой фигуры позиции фазические движения редуцировались потому, что теперь перцептивное действие должно было обслуживаться неподвижной фиксацией: для переорганизации изображения нужно было «охватить» взором сразу весь объект в целом. Диаметр поля «охвата» (оперативного поля зрения для описываемого вида перцептивных действий) определялся размером объекта и составлял в наших опытах 10—12°.

Описанные факты послужили стимулом для поиска новых методических путей изучения процесса *внутренней зрительной активности*. Исследование феноменов обращения двузначных фигур было продолжено с помощью регистрации произвольных движений при фиксации глаз (см. § 4.4).

§ 2.4.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОНЫ ОПОЗНАНИЯ И ОПЕРАТИВНОГО ПОЛЯ ЗРЕНИЯ

При анализе основной, установочной, функции макродвижений глаз неизбежно возникает вопрос о размерах той зоны, которая переносится и устанавливается на объекте. Еще Р. Додж предложил называть точку фиксации *зоной фиксации* (Dodge, 1907). В литературе в качестве такой зоны принято называть «область ясного видения», под которой подразумевается проекция центральной ямки на объект. Таким образом, это понятие не столько функциональное, сколько анатомическое, и, может быть, поэтому оно не выдерживает критики со стороны фактов из области зрительного восприятия.

В действительности глаза «переносят» совсем другую область, часто — гораздо большего размера. Так, каждому известна наша способность «охватить» одним взглядом звездное небо, толпу на площади, необъятный горизонт.

Но существуют и более объективные доказательства. В офтальмологии описаны случаи «трубчатого зрения», когда полностью сохраняются функции фовеа при полном выпадении функций остальных участков сетчатки. Такие больные могут свободно читать газету с мелким шрифтом, но совершенно не способны передвигаться по улице или незнакомому помещению, нуждаясь для этого в поводыре (Авербах, 1949). При рассматривании сложных изображений больной, лишенный возможности видеть достаточно большим «полем», не опознает объекты (Лурия и др., 1961). Наконец, в уже описывавшихся опытах (Андреева и др., 1972) испытуемые сталкивались с аналогичными трудностями при ограничении поля зрения с помощью специальной присоски.

Выше, при изложении результатов наших экспериментов, неоднократно приводились факты «полевого» видения. Среди них — восприятие знаков, отстоящих на 10° и более от точки фиксации (см. § 2.1), симультанное различение пар отрезков с большой относительной разностью длины, расположенных в зоне $10\text{—}12^\circ$ (см. § 2.2), обращение фигур размером до 12° из одной точки фиксации (см. § 2.3) и др.

Все описанные факты показывают, что зрительная зона, определяющая не только восприятие, но и практические действия, может не совпадать с анатомическими границами центральной ямки и далеко выходить за ее пределы. В то же время эта зона не совпадает с общим полем зрения, иначе установочные движения глаз были бы не нужны.

Приведенные факты побудили нас ввести понятие *«оперативного поля зрения»* для обозначения той части поля зрения, в пределах которой в каждый данный момент осуществляется определенное зрительное действие (обнаружение, различение, опознание и т. п.). Аналогичными по смыслу понятиями являются: «поле внимания» (Moray, 1970), «функциональное поле зрения» (Sanders, 1963). Различные аспекты «полевого» видения обсуждаются уже давно в виде вопросов о возможностях периферического зрения, об объеме восприятия или узнавания, об оперативных единицах восприятия, объеме фиксации и т. п. (Hamilton, 1907; Reudieger, 1907; Collier, 1931; Woodrow, 1938; Tinker, 1958; Crovitz, Schiffman, 1965; Taylor, 1965).

Исследование круга явлений, связанных с оперативным полем зрения, представляет большой теоретический и практический интерес. Вопрос о размерах этого поля подводит к необходимости исследования факторов, влияющих на него. Накопленные в экспериментальной психологии факты позволяют предполагать, что размеры оперативного поля — функция многих переменных. Главные из них — характер зрительной задачи, пространственные свойства объектов, наличие перцептивных навыков и т. п.

Нами был проведен ряд экспериментов для исследования оперативного поля при решении задач опознания и поиска (Гиппенрейтер, 1964; Гиппенрейтер, Густяков, 1968). Первая часть экспериментов была посвящена выявлению предельных размеров зоны, внутри которой возможно опознание объектов. Имея самостоятельное значение, эти опыты носили подготовительный характер.

Дело в том, что, согласно нашему предварительному представлению, оперативное поле — глубоко динамичное явление, и исследование его может осуществляться лишь в условиях «живой» задачи, сохраняющей возможность игры различных факторов. Такая задача, как

модель реальной ситуации (предполагающей зрительный поиск) была использована во второй части экспериментов.

Исследование размеров зоны опознания

Вопрос о размерах области периферического зрения, в пределах которой может осуществляться опознание объектов, рассматривался в экспериментальной психологии с начала нашего века. Как правило, для целей определения этой области использовалась тахистоскопическая техника предъявления зрительных объектов на различных расстояниях от точки фиксации. Применение тахистоскопа было связано с необходимостью исключить возможное смещение глаз в сторону предъявленного объекта: время экспозиции всегда было меньше латентного периода движения глаз и не превышало 200 мс. Было установлено, что по мере смещения стимула от центра к периферии происходит снижение процента правильно опознанных стимулов (Hamilton, 1907; Reudieger, 1907; Woodrow, 1938).

Существенными методическими недостатками описанных опытов были, во-первых, искусственное ограничение времени опознания и, во-вторых, сохранение постоянного размера стимулов независимо от места их предъявления в поле зрения. Оба этих обстоятельства создавали неравные условия для различных участков сетчатки, имеющих различную разрешающую способность и требующих для опознания экспозиции различной длительности.

В порядке устранения указанных недостатков нами было прежде всего снято искусственное ограничение времени предъявления объектов. Это оказалось возможным благодаря регистрации движений глаз; она позволяла контролировать положение глаз в отношении объекта. С другой стороны, объекты различной степени периферичности были уравнены по параметру остроты зрения.

Испытуемому предъявлялась буквенная таблица. В центре находилась буква размером 30'. Вверх, вниз, вправо и влево от нее располагались ряды букв, интервалы между которыми составляли

6°. Таким образом, буквы были размещены на расстояниях 5, 10, 15, 20 и 25° от центра таблицы. Размер каждой буквы увеличивался пропорционально падению остроты зрения того участка сетчатки, на который она проецировалась при фиксации центральной буквы. Таким образом, размер всех букв, выраженный в пороговых единицах остроты зрения, был одинаковым.

Испытуемому ставилась задача назвать все буквы, которые он мог опознать, фиксируя центральную букву таблицы.

Как показали записи, радиус области «блуждания» глаз при решении указанной задачи не превышало 1—2°. При отсутствии макросмещений глаз опознание букв происходило в довольно широкой области, доходившей до 15°.

В полученных результатах обращает на себя внимание тот факт, что опознание оказалось более эффективным в височной области сетчатки, где острота зрения несколько снижена. Это, по-видимому, объясняется участием височных половин сетчатки в бинокулярном зрении, для которого восприятие и опознание форм объектов являются типичной задачей.

Следует учесть, что полученные размеры зоны опознания соответствовали объектам, имевшим величину, равную 30 пороговым единицам остроты зрения. Естественно ожидать расширение этой зоны для объектов больших размеров. С другой стороны, величина ее должна быть также несколько большей для одиночных знаков, так как в случае предъявления ряда объектов (как это было в наших опытах) возникает эффект взаимной маскировки (Korte, 1923).

Итак, в описанных опытах были установлены размеры поля зрения, в пределах которого возможно осуществление функции опознания объектов. Имея в виду эти результаты, мы могли вернуться к вопросу о размерах области, внутри которой происходит зрительное опознание объектов в естественных условиях.

Исследование оперативного поля зрения в задаче зрительного поиска

Выше уже отмечалась близость явлений оперативного поля зрения и объема восприятия. Вместе с тем они имеют существенные различия. Последние определяют

ся традиционным методом исследования объема восприятия, основанным на кратковременных экспозициях. При всем значении этого метода он имеет ряд особенностей, ограничивающих возможности его применения к исследованию динамики перцептивной деятельности. Среди них — вынужденная одноактность восприятия, связанная с необходимостью отчета после каждой экспозиции; искусственное ограничение времени предъявления; однотипность исследуемых задач, сводящихся к опознанию объектов и их последующему воспроизведению.

Метод регистрации и анализа движений глаз лишен этих недостатков. Как и в случае тахистоскопических опытов, в качестве внешней функциональной единицы перцептивной деятельности здесь выступает отдельная фиксация — короткий период относительной неподвижности глаза, в течение которого и осуществляется основная зрительная работа. Однако в отличие от описанных опытов различные параметры зрительного восприятия здесь могут быть изучены в условиях разнообразных зрительных задач, при непрерывной смене точек фиксации, продолжительность и пространственная локализация каждой из которых не определяется искусственно, а диктуется внутренним ходом решения задачи.

В опытах, основанных на применении глазодвигательного метода, проблема объема восприятия преобразуется в проблему *объема фиксации*. Для определения объема фиксации необходимо знание количества фиксаций и объема информации, переработанной в течение этих фиксаций. Практически единственным видом зрительной работы, в отношении которой исследовался объем фиксации, был процесс чтения. Относительная легкость исследования этого вопроса применительно к задаче чтения определяется возможностью точного учета объема воспринятого (т. е. прочитанного) материала наряду с простотой его выражения в количестве букв, слогов или слов. Различными авторами была показана зависимость объема фиксации от типа и размеров шрифта, навыка чтения, трудности текста и т. п. Особенную актуальность этот вопрос приобрел в связи с задачей скоростного чтения (Paterson, Tinker, 1947; Tinker, 1958; Taylor, 1965; McLaughling, 1969).

При исследовании объема фиксации в процессе чте-

ния обычно имеется в виду объем информации, а не площадь «видения». Хотя эти аспекты взаимосвязаны, каждый из них имеет самостоятельное значение. Однако на материале печатного текста и его чтения они с трудом могут быть разведены.

Для исследования оперативного поля зрения нами была выбрана задача зрительного поиска. Она характеризуется тем, что наблюдатель должен выбрать из большого количества одновременно предъявленной информации объект или группу объектов, обладающих определенными свойствами. Задача поиска удобна тем, что допускает широкие вариации внешних параметров объекта: формы, цвета, размеров, пространственной организации и т. п. С другой стороны, она (как и чтение) сохраняет возможность варьировать «субъективные» факторы: тактику, внутреннюю установку, тренированность наблюдателя и др.

Конкретной задачей настоящей работы было исследование возможного влияния на оперативное поле зрения внешних и внутренних, т. е. зависящих от наблюдателя, факторов при зрительном поиске.

Работа состояла из нескольких серий. В каждой серии менялся какой-либо один параметр, характеризующий объект или способ работы с ним.

Объектами служили числовые таблицы. Они содержали либо 49, либо 64 белых двузначных числа на черном фоне. Переменными параметрами были: общие угловые размеры таблиц, их плотность, способ пространственной организации чисел, способ восприятия (вводимый инструкцией), тренированность испытуемых. Все опыты проводились в затемненной комнате. Объекты проецировались на экран. Расстояние от наблюдателя до экрана составляло 1 м.

Испытуемому давалась инструкция отыскивать в таблице число, называемое экспериментатором. Число называлось в случайном порядке после того, как находилось предыдущее. За один опыт испытуемый производил 10 поисков. Каждый поиск сопровождался регистрацией движений глаз фотооптическим методом. Установка позволяла получать временную и пространственную развертку движений глаз.

В опытах участвовали 3 испытуемых с нормальным зрением. Всего было зарегистрировано 400 траекторий отдельных поисков, измерено и обработано более 1200 фиксаций.

При обработке записей прежде всего измерялись *объем и площадь фиксаций*. С этой целью необходимо было учитывать количество фиксаций и количество осмотренных чисел с учетом их пространственного размещения. Количество фиксаций подсчитывалось на запи-

сях движений глаз; количество осмотренных чисел в различных сериях устанавливалось различными способами. В тех случаях, когда испытуемому задавался упорядоченный способ просмотра таблиц по рядам, количество просмотренных чисел совпадало с количеством чисел от первого числа до искомого.

При работе с объектами, в которых содержались группы чисел, количество осмотренных чисел также определялось по записям движений глаз: на них было видно, в какие группы «заходил» глаз при поиске и сколько таких групп, а следовательно, и чисел он осмотрел за данный поиск. В случаях «неупорядоченного» осмотра объекта, когда испытуемому представлялся свободный выбор тактики поиска, а числа были равномерно рассеяны по объекту, определялось среднее количество осмотренных чисел по всем поискам в данной таблице, и эта величина сопоставлялась со средним количеством фиксаций в данной таблице.

При подсчете среднего количества осмотренных чисел мы исходили из следующего рассуждения. Поскольку нахождение отдельного числа является случайным событием (расположение чисел случайное, и испытуемый не знает, в каком месте объекта находится число), то при самом благоприятном исходе поиска испытуемый осмолрит всего одно число — и оно окажется искомым; при самом же неблагоприятном исходе ему придется осмолреть $n-1$ чисел⁴, а в среднем $\frac{n}{2}$ чисел.

Другим параметром, по которому производилась обработка записей, была *длительность фиксаций*. Если объем и площадь фиксаций говорили о том, какое количество материала подвергалось обработке за одну фиксацию, то средняя длительность фиксации давала временную характеристику этой функциональной единицы процесса.

Задачей *первой серии* было изучение влияния угловых размеров объекта на оперативное поле зрения.

Изменение размеров таблиц достигалось изменением расстояния между проектором и экраном. Таблицы содержали 49 двузначных чисел (7×7). Использовались таблицы трех размеров, характеристики которых соотносились между собой как 1:2:4 (табл. 2—4).

⁴ Число, найденное в предыдущем поиске, в подсчете количества осмотренных чисел не учитывалось.

Таблица 2—4

Тип таблицы	Общий угловой размер таблицы	Угловой размер одного числа	Плотность (расстояние между соседними числами)
I	14°	40'	2°
II	7°	20'	1°
III	3°30'	10'	30'

Результаты первой серии приведены в табл. 2—5. Они показывают, что с уменьшением общих угловых размеров объекта объем фиксации фактически остается одним и тем же и приблизительно составляет одно двузначное число за одну фиксацию, хотя площадь, занимаемая этим числом, уменьшается в 4 раза. Средняя же длительность фиксаций с уменьшением угловых размеров объекта увеличивается. Если для таблиц первого типа она составляет 200 мс, то для третьего — 320 мс, т. е. в 1,6 раза больше.

Таблица 2—5

Тип таблицы	Характеристики таблиц	Средняя продолжительность одного поиска (в с)	Объем фиксации (кол-во чисел, рассмотренных за одну фиксацию*)	Средняя длительность фиксаций (в мс)
I	Размер числа 40'	5,2	1,2	200
II	Плотность 2°			
II	Размер числа 20'	7,2	1,0	240
	Плотность 1°			
III	Размер числа 10'	13,5	1,1	320
	Плотность 30'			

* Здесь и далее за единицу объема фиксации принимается одно двузначное число.

Следует отметить, что в описанной серии вместе с угловыми размерами таблиц менялась их плотность. Поэтому отсутствие изменений объема фиксации, увеличение которого было естественно ожидать при увеличении плотности объекта (в пределах оперативного поля оказывалось больше чисел), можно было отнести за счет отрицательного действия другого фактора — уменьшения угловых размеров чисел. Для выяснения

вопроса об изолированном влиянии на объем фиксации плотности объекта была проведена вторая серия.

Объектами во второй серии были таблицы, содержавшие 64 двузначных числа, расположенных рядами (8×8). В отличие от первой серии во второй серии угловые размеры чисел оставались неизменными и составляли 47'. Изменялась только плотность (соответственно и общие угловые размеры) таблиц в отношении 1:1,5:2,5. Задачей второй серии было выяснить влияние на объем фиксации изменения плотности объекта, т. е. количества объектов в одной и той же области пространства, при сохранении угловых размеров чисел. Таблицы имели следующие характеристики.

Т а б л и ц а 2—6

Тип таблицы	Общий угловой размер таблицы	Угловые размеры одного числа	Плотность
I	8°	47'	1°
II	12°	47'	1°30'
III	20°	47'	2°30'

Испытуемый должен был отыскивать называемое экспериментатором число путем последовательного просмотра рядов таблиц начиная с первого, т. е. в этой серии задавался упорядоченный способ просмотра чисел.

Результаты серии приведены в табл. 2—7.

Т а б л и ц а 2—7

Тип таблицы	Плотность объекта	Объем фиксации
I	1°	1,2
II	1°30'	1,1
III	2°30'	0,9

Из таблицы видно, что с увеличением плотности объекта объем фиксации несколько уменьшается, хотя порядок его остается тем же: примерно равным одному двузначному числу на фиксацию. Остается предположить, что он определяется пространственной организацией таблиц — распределением в ней чисел упорядоченными рядами по одному. Эта организация объекта

«диктует» зрительной системе способ работы с числами также по-одному, и соответственно размер оперативного поля определяется величиной числа (47').

Для проверки этого предложения была проведена *третья серия*, задачей которой было исследование влияния на объем фиксации и размер оперативного поля пространственной организации объекта.

В этой серии менялся способ расположения чисел внутри таблицы. В связи с этим таблицы делились на следующие типы: с упорядоченным расположением чисел (I тип), с равномерно рассеянным расположением (II тип), с расположением в группы по 4, 8 и 12 чисел (соответственно III, IV и V типы).

Общий угловой размер таблиц составлял 14° , угловой размер числа по высоте — $40'$; во всех таблицах общее количество чисел было одинаковым и равнялось 49. Способ поиска испытуемому не задавался, т. е. выбирался им произвольно.

В табл. 2—8 приводятся количественные результаты опытов третьей серии. Из нее видно, что таблица с группами по 8 чисел (4-я строка) оказалась оптимальной не только по показателю объема фиксации, но и по средней продолжительности одного поиска (3 с).

Т а б л и ц а 2—8

Тип таблицы	Средняя продолжительность одного поиска (в с)	Объем фиксации (кол-во чисел, осматриваемых за одну фиксацию)	Средняя длительность фиксаций (в мс)
I расположение чисел рядами	5,2	1,2	200
II рассеянное расположение чисел	5,7	1,7	210
III группировка по 4 числа	4,4	2,0	240
IV группировка по 8 чисел	3,0	2,9	250
V группировка по 12 чисел	4,6	1,5	250
Va группировка по 12 чисел (с инструкцией)	5,1	3,0	290
Vb группировка по 12 чисел (после тренировки)	3,1	4,2	260

Данные табл. 2—8 показывают, что группировка чисел оказала прямое влияние на объем фиксаций: если при упорядоченном расположении чисел за одну фиксацию воспринимается примерно одно число, то в группах по 4 это количество увеличивается до двух чисел,

а в группах по 8 — фактически до трех двузначных чисел. Интересно, что дальнейшее увеличение групп (до 12) приводит к падению объема фиксации до 1,5. Эти результаты показывают, что организация объекта может прямо влиять на организацию оперативного поля зрения: расположение информации компактными группами, по-видимому, побуждает к «полевому» способу работы. Однако функционирование оперативного поля, навязанного площадью компактной группы, возможно при условии, если количество знаков в группе не превышает объема одномоментного восприятия (Sperling, 1960). При большем количестве, как показывают результаты, происходит возврат к поэлементному восприятию чисел. Последний факт дал возможность поставить вопрос, нельзя ли специальной инструкцией «навязать» глазу симультанный способ работы и в группах по 12 чисел.

С этой целью опыты с таблицей, содержащей группы по 12 чисел, были повторены с инструкцией: «стараться за одну фиксацию воспринимать как можно больше чисел». В результате объем фиксации возрос вдвое (с 1,5 до 3), вместе с тем увеличились общее время поиска и средняя продолжительность фиксаций (см. табл. 2—8).

Дополнительные сведения о временном режиме работы глаза в условиях «поэлементного» и «полевого» способа дали кривые распределения длительности фиксаций, представленные на рис. 22. На рисунке видно, что вместе с увеличением объема фиксаций происходит сдвиг кривых вправо — в сторону увеличения длительности фиксаций. Особенно выражен этот сдвиг в случае работы с группами по 12 чисел (с инструкцией) по сравнению со свободным способом работы с тем же объектом. Из приведенных кривых видно, как переход на нарочито «полевой» способ работы приводит к появлению фиксаций большой длительности: в областях 700, 800, 1000 мс и выше, вовсе не наблюдавшихся в условиях «свободного» способа работы с тем же объектом.

Полученные результаты показали возможность управления способом восприятия посредством увеличения (или уменьшения) размера оперативного поля зрения. С другой стороны, факт увеличения продолжительности фиксаций вместе с расширением их объема заставил предположить, что «количество работы», необходимое

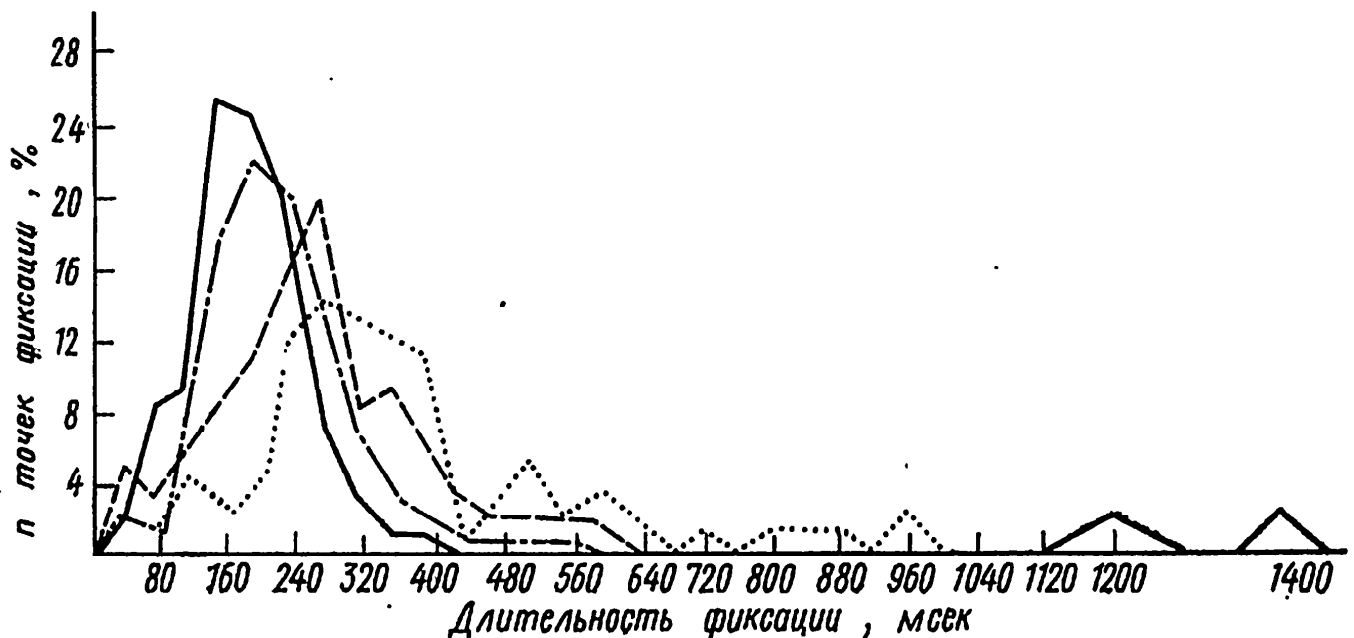


Рис. 22. Кривые распределения длительности фиксаций при работе с таблицами разного типа (исп. Р. М.):

сплошная линия — упорядоченные ряды; штрихпунктирная — равномерно рассеянные числа; штриховая линия — группы по 12; пунктирная — группы по 12 с дополнительной инструкцией

для обработки определенного количества материала, остается тем же независимо от способа восприятия.

Для проверки этого предположения были проведены дополнительные опыты с задачей выяснить возможность сокращения продолжительности фиксаций в условиях восприятия большим полем. С этой целью предварительно были проведены тренировочные опыты, состоящие из 30 поисков в группах различных размеров. После тренировки были повторены опыты с таблицей из групп по 12 чисел, на этот раз без всякой инструкции. Результаты последних замеров приведены в табл. 2—8. Как видно из таблицы, в результате тренировки действительно сократилась средняя продолжительность одной фиксации (260 мс) при еще большем увеличении объема фиксации (§ 4.2). Таким образом, опыты показали возможность добиться «экономичной» работы большим полем за счет образования перцептивного навыка.

Итак, в результате исследования выяснилось, что на размер оперативного поля зрения (и, следовательно, на объем фиксации) влияет не столько размер или плотность объекта, сколько его *пространственная организация*. Поэлементное размещение информации приводит к такому же поэлементному способу ее восприятия.

Распределение той же информации в виде компактных групп стимулирует «полевой» способ перцептивной работы. При этом объем фиксации и размер оперативного поля могут увеличиваться в несколько раз (в условиях наших опытов в 3—4 раза). Расширение границ оперативного поля может быть также следствием *произвольной установки* на одномоментный «охват» группы объектов (увеличение объема фиксации с 1,5 до 3 в группах по 12 чисел). Как правило, это приводит к увеличению длительности фиксаций. Однако в процессе тренировки длительность фиксаций при работе большим оперативным полем может быть снижена до ее нормальных значений (250 мс).



**Исследование
движений глаз
при решении
ручных
двигательных
задач**

В этой главе рассматриваются различные аспекты участия двигательной системы глаз в решении ручных двигательных задач: внешние параметры и формы глазных движений, их роль, условия и факторы, которые на них влияют, принципы, которым они подчиняются, и т. п. При этом ручные двигательные задачи выступают как подкласс более обширного класса задач, названных нами незрительными, или «общими».

О совместных движениях глаз и руки писал еще И. М. Сеченов: «Суть дела в том, что куда идет работающая рука, туда же идут сведенные друг с другом зрительные оси глаз, и та точка, на которой рука остановилась в данное мгновение, есть в то же время точка пересечения остановившихся зрительных осей». И дальше: «Эту форму согласования можно по справедливости назвать случаем предустановленной гармонии ручных и глазных движений, потому что в основе ее лежит, с одной стороны, сходное устройство двигательных механизмов рук и глаз; с другой — жизненная необходимость участия зре-

ния в движениях рук именно в этой, а не в другой форме» (Сеченов, 1952, с. 521—522).

В последующей истории изучения ручных движений случился довольно парадоксальный факт: подавляющее большинство исследователей пошло по пути обсуждения зрительного контроля движений — его роли, степени, механизмов и т. п. — без тонкого учета глазных движений. Пренебрежение специальным изучением движений глаз в контексте двигательных ручных задач, по-видимому, объясняется долгое время существовавшим мнением, которое иногда высказывалось прямо, как это мы видели у И. М. Сеченова, иногда молчаливо предполагалось, — мнением, что если зрение контролирует движение руки, то глаз неотступно следует за ней (см., например, Gould, Shaffer, 1965); если же управление переходит в другую, незрительную, модальность, то глаз «абстрагируется» от руки также двигателью; он не только не следит за рукой, но может быть направлен в совершенно другую сторону («...опытная вязальщица чулок может вязать, не глядя, и даже вязать, читая книгу», — Сеченов, 1952, с. 522).

Развитие знаний в двух независимых областях показало необходимость сделать эти утверждения, основанные на здравом смысле и жизненных наблюдениях, предметом экспериментальной проверки.

Первая область — изучение собственно движений, в частности различных видов их афферентации. Например, было показано, что зрение может контролировать не все движение целиком, а лишь отдельные его компоненты, делея эту функцию с «афферентными синтеза-ми» других модальностей; что зрительный контроль может быть не только непрерывным, но и дискретным, что он может не только «сопровождать», но и «опережать» движение руки и т. п. (Бернштейн, 1947; Craik, 1947; Vince, 1948; Welford, 1968; Бережная, 1968; Рокотова и др., 1971).

Другая область принадлежит к психофизиологии восприятия. Здесь, наоборот, учитывались движения глаз и широко обсуждалось их участие в восприятии движущегося объекта (правда, объекта внешнего, а не собственной руки). В частности, было показано, что восприятие как самого факта движения, так и отдельных его параметров — скорости, направления и т. п. — может осуществляться не только в режиме глазодвига-

тельного прослеживания, но и относительно неподвижным глазом. В последнем случае оценка производится на основе сигналов от пересечения сетчатки движущимся стимулом (Brown, 1931; Глезер, 1959, 1966; Юнг, 1969; Любимов, 1973).

Все сказанное, конечно, не могло не привести к выводу, что случаи «гармоничного» соответствия не исчерпывают всех форм совместных движений глаз и руки и что формы эти гораздо более разнообразны. Однако систематически этот вопрос до сих пор не изучен. Нам известны лишь единичные работы, в которых производились регистрация или учет движений глаз при решении ручных двигательных задач.

В работе Е. К. Бережной (1968) было показано, что при некоторых двигательных задачах глаза не следят за рабочей точкой руки.

Рокотова и другие (1971) описали закономерное возникновение скачка глаз до предстоящего движения руки. В их экспериментах испытуемые совершали серию переносов руки на тумблеры, с которыми производились манипуляции.

Несколько раньше В. Хаккер произвел регистрацию движений глаз и руки при попадании кончиком карандаша в цель, изображенную на листе бумаги (Hacker, 1965, 1973). Он показал, что скачки глаз могут появляться как до, так и после начала движения руки.

Митрани и другие осуществили регистрацию движений глаз во время рисования заданных фигур (Mitran et al., 1970; Митрани, 1973). Они обнаружили скачкообразные движения глаз, сопровождающие относительно плавное движение руки. При этом точность рисования не зависела от количества скачков.

Фестингер и Кэнон нашли, что указательный жест руки осуществляется более точно, если глаза перемещаются на цель скачком, по сравнению с плавным движением (Festinger, Cannon, 1965).

Ряд авторов показал, что при использовании оптических искажающих призм зрительно-моторные координаты восстанавливаются в результате изменения чувства положения собственных глаз в орбите (см. обзор Haggis, 1965).

Мы еще будем иметь случай подробно обсудить некоторые из названных работ. Здесь же заметим, что их

перечень невелик, а полученные факты достаточно разрозненны.

Обсуждение движений глаз при организации ручных движений должно, по-видимому, начинаться с определения общего места и функций движений глаз в структуре соответствующей деятельности. Мы уже касались этих вопросов во введении. Конкретизируем их применительно к решению ручных двигательных задач.

При решении двигательных задач движения руки выступают в роли основных действий. Если для организации и осуществления этих движений необходима зрительная информация, то в работу вовлекается зрительная система. В этих случаях она оказывается в подчинении у более общей системы. Образно говоря, зрительная система получает заказ от системы управления движением руки на выполнение тех или иных зрительных операций. Каковы эти операции, в какие моменты они осуществляются, с какой мерой точности — все это определяется характером двигательной задачи и условиями ее решения.

Движения глаз сохраняют свою основную функцию — обслуживать прием и переработку зрительной информации и здесь. Они происходят в тот момент и в такой форме, которые необходимы для ввода нужной информации. Иными словами, они подчинены собственно зрительным процессам. А поскольку эти последние зависят от основных, ручных, действий, то движения глаз выступают в роли операций операций, или *операций второго порядка*.

Таким образом, характер отношений между движениями глаз и руки можно определить как *зрительно опосредствованное взаимодействие движений обоих органов*. Этот тип отношений должен учитываться при анализе конкретных экспериментальных данных: объяснение движений глаз возможно только при условии рассмотрения зрительных операций, а эти последние могут быть поняты лишь через анализ основных действий.

Именно по такому пути анализа мы шли в исследованиях, представленных в этой главе. Наша *первая задача* — убедиться в правильности и эвристической ценности принципа зрительно опосредствованного взаимодействия двигательных систем глаз и руки.

Этот принцип не является единственным. В первой главе мы познакомились с возможностью *непосредст-*

венного согласования движений обоих органов (см. § 1.4). Однако оно изучалось в условиях узкой задачи: следить глазами за рабочей точкой руки. Распространяется ли этот тип взаимодействия также на более широкий круг естественных задач, в частности на ручные двигательные? Заранее ответа на этот вопрос мы не имели. Поиски ответа составили нашу *вторую задачу*.

Наконец, *третья задача* возникла из тех соображений, что в общих задачах, и в том числе двигательных ручных, перцептивные процессы протекают в скрытой, или неосознаваемой, форме. Особенно это имеет место при непрерывной зрительно афферентируемой деятельности. В таких случаях сознание человека занято организацией и осуществлением основных действий, непрерывно следующих одно за другим. Зрительные же процессы образуют как бы их перцептивную подложку, не выходя на уровень сознания. Примеры здесь очень разнообразны: это тонкие зрительно контролируемые ручные операции, локомоции в сложных условиях, управление движущимся объектом и т. п. То, что при этом имеет место непрерывная работа зрительной системы, следует, по крайней мере, из характера и результатов действий: они соотнесены с пространством, обнаруживают непрерывный учет оптических свойств окружения и т. п.

Что мы еще можем сказать об этих перцептивных процессах? Каковы их свойства, характер, содержание? К сожалению, психология восприятия располагает на этот счет очень скудными сведениями. К тому же они носят в основном характер предположений или допущений. Причина — методическая сложность задачи. Традиционные источники сведений — самонаблюдение и отчет испытуемого — здесь неприменимы. Приходится ограничиваться исключительно анализом продуктивной стороны деятельности и строить на этом основании умозаключения о свойствах перцептивных процессов.

Однако метод «умозаключения» о функционировании зрения по продукту деятельности имеет свои трудности. Они определяются участием в деятельности других систем (а в «общих» задачах — в первую очередь других систем) помимо зрительной. Поэтому существует проблема разведения вклада в результат деятельности зрительной и других функциональных систем.

Эта важная методическая проблема давно осознана в психологии восприятия и сформулирована как потенциальная опасность принятия свойств «системы ответа» за свойства перцептивной системы. Для ее решения предложены лишь отдельные экспериментальные процедуры (см., например, Garner et al., 1956). Однако они предполагают специальную последовательность задач и действий испытуемого и неприменимы к исследованию естественных видов непрерывной деятельности.

На наш взгляд, в этой ситуации можно ждать большой помощи со стороны метода регистрации и анализа движений глаз. Будучи столь же объективным процессом, что и внешние действия субъекта, они в то же время гораздо ближе стоят к зрительному восприятию и менее осложнены дополнительными факторами. Исходя из этих соображений, мы поставили перед собой задачу использовать параллельную регистрацию движений глаз как дополнительный методический прием изучения скрытых форм зрительного восприятия.

Глава состоит из трех параграфов. В первом параграфе (3.1) рассматривается участие движений глаз в организации точностных движений руки и обсуждаются намеченные выше принципы организации совместных движений. Два других параграфа (3.2 и 3.3) посвящены анализу движений глаз при решении задачи компенсационного слежения. Процесс решения такой задачи является примером непрерывной зрительно афферентируемой деятельности.

§ 3.1.

ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ТОЧНОСТНЫХ ДВИЖЕНИЙ РУКИ

В этом параграфе рассматриваются двигательные задачи, предполагающие одноактное или единичное действие — попадание рабочей точкой руки в цель. Движения этого типа отнесены Н. А. Бернштейном к уровню синтетического пространственного поля «С». Они описываются как «движения прицеливания», для кото-

рых существенно необходим зрительный контроль (1947).

Методикой экспериментов (Буюкас и Гиппенрейтер, 1973) предусматривалось варьирование факторов, которые должны были повлиять (прямо или косвенно) на афферентацию движения и, следовательно, на движения глаз. Первым фактором был задаваемый способ движения: испытуемому предлагалось попасть в цель либо *баллистическим* движением — броском, либо движением, *корректируемым* по ходу. Такие способы решения формально одной и той же задачи определяли различные уровни построения движений: в первом случае это был подуровень C_1 , во втором — подуровень C_2 (по Бернштейну). Второй переменной были внешние, оптические условия, а именно место появления цели в поле зрения: цель могла появиться либо в фовеальной зоне, либо за пределами ее.

Обстановка опытов была аналогична описанной в § 1.4. Испытуемый держал рукоятку, которая была «жестко» связана со световой точкой на экране: движение рукоятки в горизонтальном направлении вызывало смещение точки в ту же сторону без запаздывания. Амплитудные отношения между движениями рукоятки и точки были заранее освоены испытуемым. Таким образом, точку на экране можно было рассматривать как рабочую точку руки испытуемого. Исходному, центральному положению рукоятки соответствовало положение точки в центре экрана. Справа или слева от точки в случайном месте горизонтальной оси периодически высвечивалась цель, в которую должен был попасть испытуемый рабочей точкой с помощью рукоятки. Диапазон предъявления цели составлял $0-3,5^\circ$.

Для баллистического движения испытуемому давалась инструкция: «бросьте рукоятку, как бросаете камень в цель».

Корректируемое движение не ограничивалось во времени; разрешались поправки, однако только по ходу движения — без возвратов. Таким образом задавался способ «плавного подвода» рабочей точки к цели.

До появления цели испытуемому предлагалось фиксировать точку (в центре экрана). С момента появления цели эта инструкция, естественно, отменялась.

В опытах участвовали 5 испытуемых, с каждым из которых было проведено по несколько десятков проб на каждое условие.

Как показали *опыты с баллистическим* движением, движения глаз имели существенно различный характер при появлении цели в зоне фовеального ($0-1^\circ$) и паравовеального зрения ($1-3^\circ$). Назовем для удобства первый диапазон «малым», второй — «большим».

На рис. 23, А и Б приведены типичные записи движений глаз и руки при появлении цели в малом диапазоне. В первом случае (А) цель появилась слева от точки фиксации, во втором (Б) — справа.

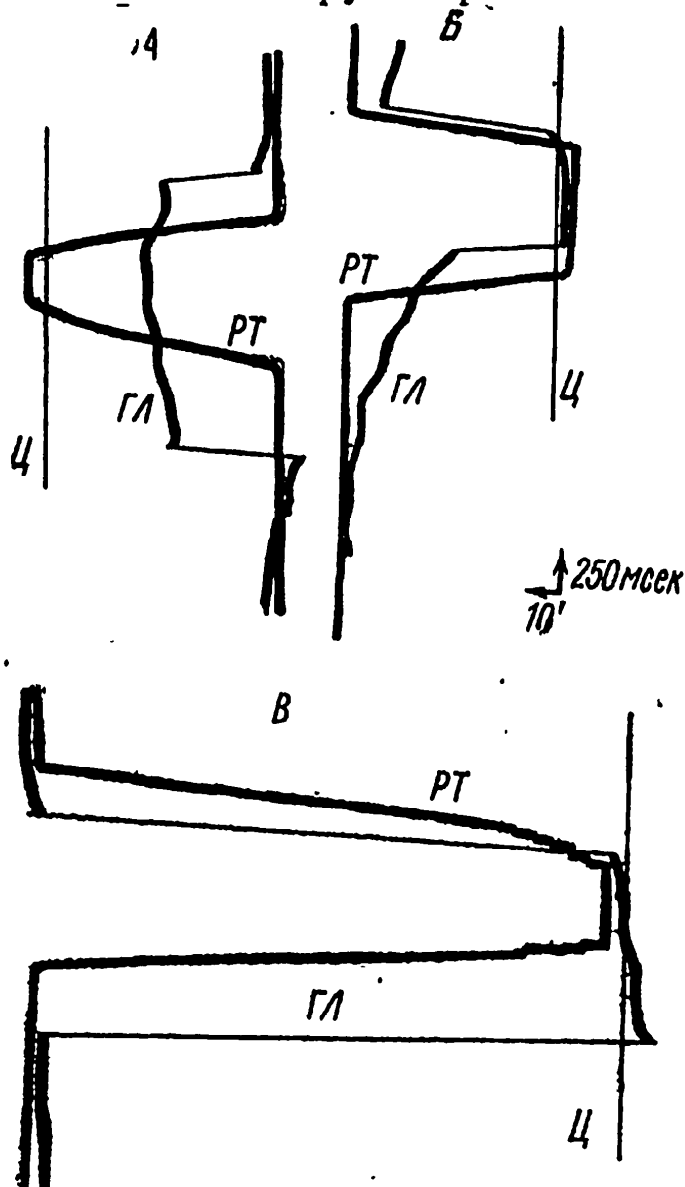


Рис. 23. Движения рабочей точки руки (РТ) и глаз (ГЛ) при задаче попасть в цель (Ц) баллистическим движением:

А — малый диапазон, против дрейфов ФН;
Б — малый диапазон, по дрейфам ФН;
В — большой диапазон

движения руки. Независимо от того, скачок это или дрейф, глаза останавливаются в некоторой промежуточной позиции между исходным положением рабочей точки и цели.

Наконец, интересны временные соотношения между движениями глаз и руки. Обозначим через T общее время реакции — период с момента появления цели до начала движения руки. Поскольку глаз опережает движение руки, то его движение делит это время на два

В обоих случаях видно *опережающее движение глаз*. Однако влево оно происходит в форме скачка, вправо — в форме дрейфа. Такой асимметричный способ движения глаз типичен для данной испытуемой. Он оказался связан с асимметрией дрейфов ФН: испытуемая правосторонняя, и плавные движения глаз вправо наблюдаются у нее постоянно при фиксации точки. Однако скорость «активных» дрейфов, т. е. дрейфов, включенных в организацию движения руки, значительно больше скорости дрейфов ФН и составляет $15'/с$ (по сравнению с $5—6'/с$).

Обращает на себя внимание место остановки глаз до начала

отрезка: t_1 — период с момента появления цели до начала движения глаз и t_2 — период от начала движения глаз до начала движения руки (очевидно, что $T = t_1 + t_2$). Данные опытов показали, что при появлении цели в малом диапазоне значения t_1 и t_2 распределялись в среднем следующим образом: $t_1 = 350$ мс; $t_2 = 900$ —1000 мс (табл. 3—1). Это значит, что основная часть работы по организации движения руки приходится на период после скачка глаз (или после начала дрейфа).

Таблица 3—1

ВРЕМЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ (в мс) ПЕРИОДОВ t_1 и t_2
В РАЗНЫХ ДИАПАЗОНАХ
(средние данные по всем испытуемым)

Диапазон и способ движения глаз	Интервал		
	цель—движение глаз (t_1 , мс)	движение глаз—движение руки (t_2 , мс)	цель—движение руки ($T = t_1 + t_2$)
Малый 0—1°: скачок	350	1000	1350
Дрейф	350	900	1250
Большой 1—3°: скачок	900	250	1150

Попробуем дать себе отчет, в чем заключается эта работа и как она связана с движением глаз. Очевидно, что зрительная система должна обеспечить систему управления движением руки сведениями о предстоящей амплитуде движения. Эти сведения должны поступить своевременно до движения руки, поскольку движение баллистическое и условиями задачи не допускаются поправки. Адекватной информацией в условиях рассматриваемой задачи является расстояние между рабочей точкой руки и целью. Оценка расстояния и производится, по-видимому, в период t_2 . Записи движений глаз показывают, что в этот период глаза либо неподвижно фиксируют среднюю область интервала между рабочей точкой руки и целью, либо медленно дрейфуют в той же области. Это говорит о том, что оценка расстояния производится путем «наложения» оперативного поля зрения на пространственный интервал («масштабный» способ работы сетчатки, по Э. Герингу, 1887). Центрация глаз создает наиболее выгодное расположение обеих значимых точек (рабочей точки и цели) в поле фовеаль-

ного зрения. Мы уже сталкивались с аналогичной концентрацией глаз при решении задачи на сравнение отрезков (см. § 2.2), однако в той задаче наблюдались повторяющиеся мелкие скачки в средней области отрезков. Отсутствие здесь таких скачков можно объяснить меньшей допустимой точностью оценки расстояния: как показали эксперименты, ошибки движения руки могли составлять 0,1—0,15 заданной амплитуды, в то время как порог различения отрезков находился в зоне 0,03—0,05 их длины.

Случай плавного перехода глаз в форме дрейфа при появлении цели со стороны, совпадающей с направлением дрейфов ФН, показывают, что целесообразная моторная тенденция к концентрации глаз может суммироваться с произвольной активностью глазодвигательных центров и в результате реализоваться в движениях видоизмененной формы. С таким явлением мы также встречались ранее, например при задаче перевода взора в диапазоне нескольких угловых минут (см. § 1.3).

При предъявлении цели в *большом* диапазоне глаза вели себя иначе. Хотя и здесь они производили опережающий скачок, однако место его завершения и время его начала были другими.

На рис. 23, В приведена типичная запись движения глаз и руки при появлении цели в *большом* диапазоне. Видно, что скачок глаз происходит на цель, т. е. в то место, куда должна попасть рабочая точка руки. Начало скачка значительно отставлено от момента появления цели, а движение руки, наоборот, следует вскоре после завершения скачка. Точные количественные данные значений t_1 и t_2 приведены в табл. 3—1 (нижняя строка). Видно, что для *большого* диапазона распределение длительности периодов t_1 и t_2 обратно тому, которое наблюдалось в *малом* диапазоне, при приблизительно одинаковых значениях общего времени T . В целом эти результаты совпали с данными Н. А. Роковой и др. (1971), за исключением того, что в указанной работе сообщается о еще меньшей величине t_2 (150—170 мс).

Какой процесс в зрительной системе стоит за описанным способом движений глаз? Какова роль этих движений в организации движения руки?

Прежде чем ответить на эти вопросы, заметим, что лабораторные данные — и других авторов, и наши —

подтверждаются наблюдениями в более широких и разнообразных естественных условиях. Хорошо известно, что прежде чем совершить бросок в цель, человек пристально фиксирует цель глазами. Так поступает, например, баскетболист, готовясь к штрафному броску мяча по корзине. Аналогичное поведение наблюдается и у животных: готовясь к прыжку, хищник не сводит глаз со своей жертвы.

Итак, какова же функция опережающего скачка (или опережающей фиксации) глаз? Обсуждая этот вопрос, Н. А. Рокотова и другие (1971) высказывают мнение, что движение взора обеспечивает «получение предварительной зрительной информации» (по терминологии Гатева, 1964) с того места, куда направлено движение руки. Такое объяснение кажется вполне правдоподобным, а главное, соответствующим общепринятому убеждению, что если глаза куда-то и смотрят, то только для того, чтобы там что-то увидеть или, иначе говоря, получить зрительную информацию. Попробуем, однако, дать себе отчет, какая зрительная информация может иметься в виду в обсуждаемых случаях. Может быть, это информация о предполагаемых изменениях цели, которые имеют значение для предстоящего движения? Например, хищник пристально фиксирует жертву потому, что к началу прыжка хочет быть уверен, что она все еще на месте. Такое объяснение вполне правдоподобно, однако его нельзя распространить на все случаи точностных движений. Часто целью движения является неодушевленный предмет или место, в котором не предполагается никаких изменений. Кроме того, приведенные значения t_2 для большого диапазона никак не согласуются с предположением о «выжидательной» тактике глаз: время для этого слишком мало.

Может быть, глаза заранее готовятся к восприятию результата движения, чтобы обеспечить срочные сигналы коррекции, если движение окажется неточным? Однако и это предположение звучит малоубедительно. Во-первых, для указанной задачи скачок не должен происходить заранее: даже начавшись одновременно с движением руки, саккадическое движение глаз ввиду его большей скорости завершилось бы на цели раньше. Во-вторых, описываемое опережение взора наблюдается при баллистических движениях, коррекция которых либо не предусматривается, либо вовсе исключена (как

в случае броска камня). Наконец, как раз при корректируемых целевых движениях глаза ведут себя совершенно иначе, что мы опишем несколько ниже в этом параграфе.

Рассмотрим еще одно предположение. Кажется очевидным, что для того, чтобы попасть в какое-то место, нужно ясно увидеть это место. По всей вероятности, скачок и служит этой цели: он обеспечивает получение зрительной информации о месте цели. Такое объяснение звучит наиболее убедительно, но именно оно опровергается фактами, полученными в уже упоминавшихся опытах Л. Фестингера и Л. Кэнона. Напомним, что в этих опытах испытуемый точно указывал на световую цель в полной темноте, если его взор переводился на эту цель скачком; если же глаза подводились к цели плавным движением, то указательный жест оказывался менее точным. Совершенно очевидно, что зрительное восприятие места цели не зависело от способа, которым глаза попадали в это место. Значит, дело не в зрительной информации о месте цели, или, по крайней мере, не только в ней.

Можно, наконец, предположить, что скачок глаз осуществляет двигательное «промеривание» расстояния между рабочей точкой руки и целью, в результате чего в систему управления движением руки вводятся сигналы от амплитуды скачка. Это предположение, подсказываемое моторной теорией восприятия, также опровергается фактами. Так, в наших опытах бывали случаи, когда глаза совершали скачок на цель не из центральной позиции, а с места предъявления предыдущей цели, если вторая цель давалась через достаточно короткий интервал после первой. В таких случаях амплитуда скачка глаз была иной, чем та, на которую должна была сдвинуться рука, но и в этих случаях попадание в цель было точным.

Ответить на вопрос о функции опережающего скачка помогает представление о глазе как о двигательном органе. При точностных движениях руки в большом диапазоне он выступает именно в этом качестве. Как всякий двигательный орган, глаз имеет представительство в схеме тела. В эту схему введена его рабочая точка — конец зрительной оси. Когда зрительная ось направлена на цель, она вводит в схему тела также и цель. В результате задача попадания рукой в цель сводится

к согласованию, или координации, движений двух рабочих органов: глаз и руки.

Чтобы пояснить этот механизм, воспользуемся аналогией из области организации движений двух рук. Предположим, что перед нами стоит задача попасть с закрытыми глазами указательным пальцем в заданную точку стола. Единственный способ решить ее с большой точностью — это прибегнуть к помощи пальца другой руки: поместив последний в заданную точку, мы получаем точное «знание» того места, куда нужно совершить движение. Очевидно, что в этом случае решение поставленной задачи сводится к координации движений двух пальцев. То же происходит и при попадании рукой в цель, только в роли пальца, указывающего на цель, выступает зрительная ось.

Рассмотренный выше факт из работы Л. Фестингера и Л. Кэнона позволяет предположить, что согласование движений глаз и руки происходит посредством учета двигательной системой руки эффекторных команд к движению глаз, а следовательно, и их прогнозируемого финального положения. Ведь проприоцептивные сигналы сообщают о положении глаз независимо от способа, которым они заняли эту позицию: скачком или плавным движением. Обе указанные формы движений отличаются лишь тем, что в первом случае формируются активные сигналы о будущем положении глаз, во втором же такие сигналы отсутствуют. Следовательно, основная работа по подготовке точностного движения руки совершается в период подготовки скачка глаз: формирование точных эффекторных команд к скачку составляет неотъемлемую часть процесса организации движения руки. Именно повышением требования к точности скачка объясняется удлинение периода t_1 в большом диапазоне по сравнению с малым (см. табл. 3—1).

Итак, основу организации точностного баллистического движения в большом диапазоне составляет функционирование той же двигательной синергии глаз — руки, с которой мы уже встречались при исследовании глазного слежения за самоуправляемой целью (см. § 1.4). Разница состоит лишь в том, что в задаче слежения «ведущим» органом была рука: эффекторные команды к ее движению включались в организацию движений глаз. В задаче же точностного попадания наблюдаются обратные отношения: здесь глаз «ведет» ру-

ку, посылая эффекторные команды к скачку в двигательную систему руки.

Насколько в условиях точностного движения руки необходим скачок глаз, показывают следующие дополнительные пробы.

Испытуемому, как и в только что описанных опытах, предлагалось попасть рабочей точкой в цель, однако при этом давалась дополнительная инструкция: все время фиксировать точку глазами, «не покидая» ее ни до, ни во время движения.

Выше, в § 1.4, мы видели, что в случае свободных движений руки, т. е. движений, не соотнесенных с метрикой внешнего пространства, инструкция проследить рабочую точку выполнялась с большой точно-

стью (см. рис. 11, 12 — первый режим). В условиях же точностного движения руки она противоречила «естественному» поведению глаз, поскольку содержала в себе запрет опережающего движения.

На рис. 24 приведена запись руки и глаз в пробе с дополнительной глазодвигательной инструкцией. Видно, что, несмотря на инструкцию, перед движением руки глаза «оставляют» рабочую точку, совершая опережающий скачок, и только в конце движения руки как бы спохватываются и восстанавливают отслеживание точки. Эти пробы интересны тем, что показывают невозможность осуществления глазодвиговых действий в условиях, когда движения глаз не свободны от своей более прямой функции (обслуживания зрения): последняя берет верх.

Рассмотрим, наконец, результаты опытов с корректируемыми движениями руки. На рис. 25 приведены образцы соответствующих записей. Они различаются

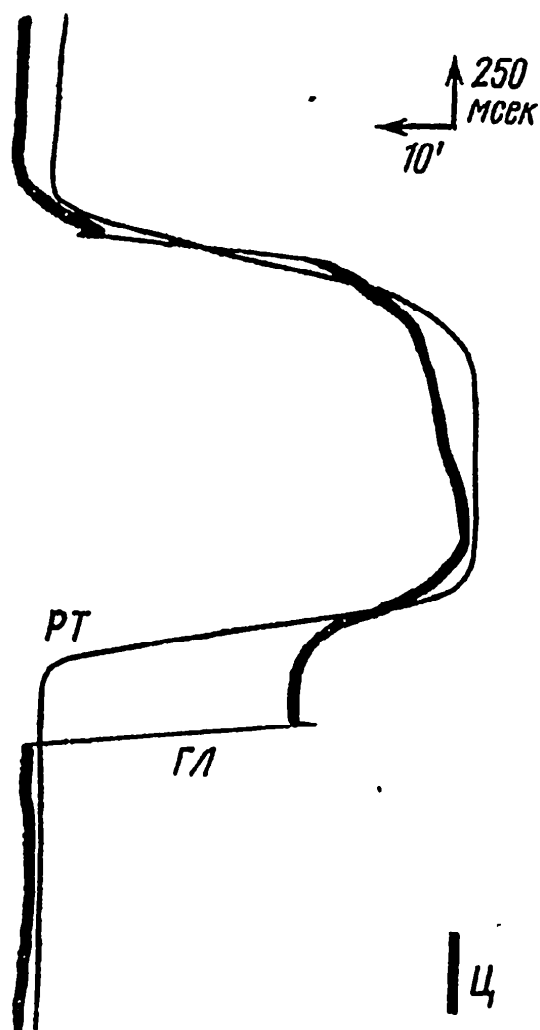


Рис. 24. Запись движений рабочей точки руки (РТ) и глаз (ГЛ) при задаче попасть баллистическим движением в цель (Ц) и одновременно отследить рабочую точку глазами

тируемыми движениями руки. На рис. 25 приведены образцы соответствующих записей. Они различаются

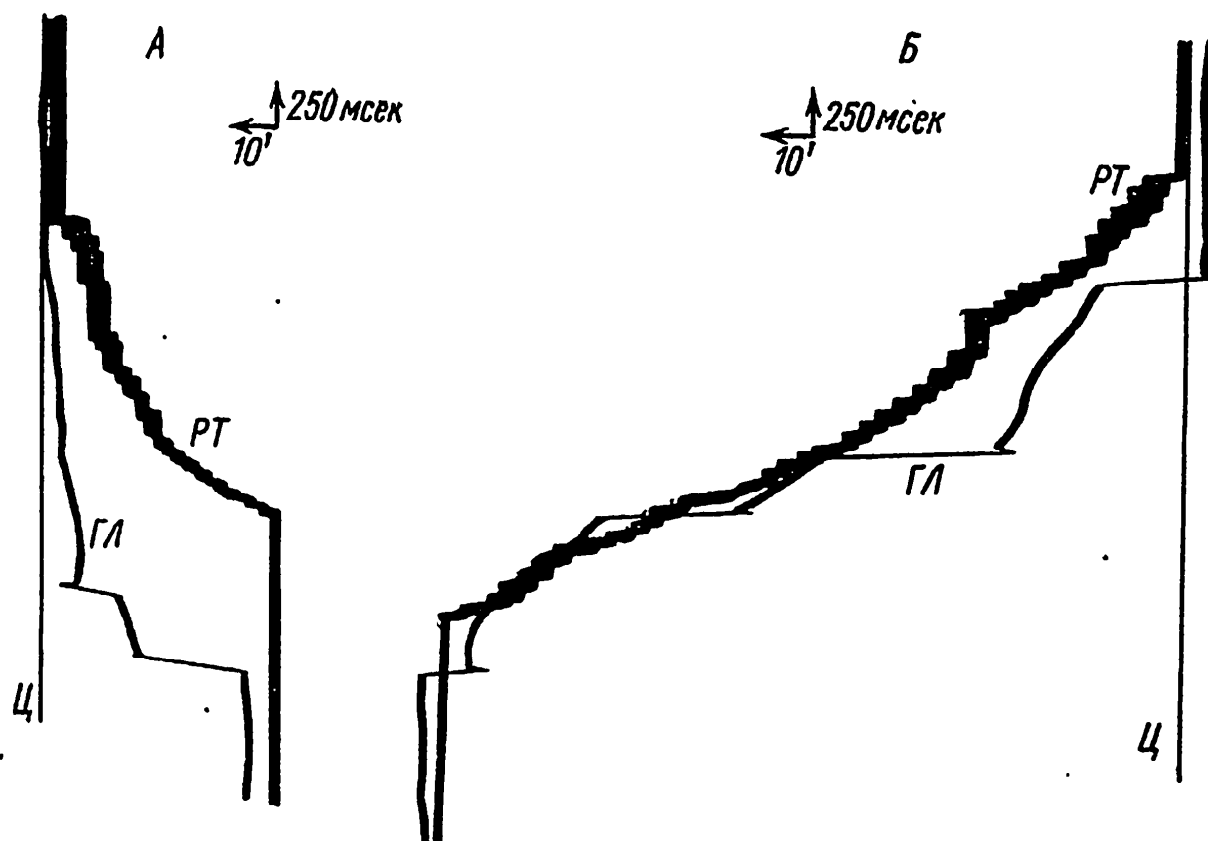


Рис. 25. Две записи движений рабочей точки руки (РТ) и глаз (ГЛ) при задаче попасть в цель (Ц) корректируемым движением

характером движений глаз на первом участке пути: в варианте А глаза сразу отходят от рабочей точки скачком, опережая ее движение (количество таких случаев составило 60%); в варианте Б они часть пути прослеживают рабочую точку (40% случаев). Однако на втором этапе в варианте Б глаза ведут себя приблизительно так же, как и в варианте А: они совершают опережающий скачок, который заканчивается фиксацией некоторой промежуточной точки (иногда сопровождающейся дрейфом в сторону цели), затем скачок повторяется, и снова глаза могут остановиться еще до цели.

Примечательно, что когда рабочая точка достигает места окончания предшествующего скачка, в движении руки наблюдается либо замедление скорости, либо кратковременная остановка. Между такими точками рука движется с равномерной скоростью. Этот факт, повторяющийся закономерно на всех записях, как нам кажется, проливает свет на функцию движений глаз. Последняя состоит в расстановке своеобразных «меток», до которых разрешается быстрое движение руки.

Напомним, что в инструкции запрещался переход через цель и возврат руки назад. Кратковременные остановки до цели, вероятно, были способом контроля выполнения этого условия, а относительно быстрые движения руки в промежутках — средством сокращения времени решения всей задачи.

Нечто похожее и по заданным условиям, и по манере движения наблюдается при проведении линий рейсфедером по линейке. В этих условиях, когда «переход» через точку окончания линии особенно неприятен, движение руки — быстрое и размашистое вначале — по мере приближения к концу дробится на серию все более укорачивающихся движений. Судя по записям на рис. 25, в таких случаях мы имеем дело, по существу, с серией баллистических движений руки, в которых глаза выступают как ведущий двигательный орган. Своими последовательными движениями они задают метрику движений руки и только на заключительном этапе при непосредственном приближении рабочей точки к цели переходят к осуществлению собственно зрительных функций. На рис. 25, А видно, что они плавно приближаются к цели, все время находясь между целью и рабочей точкой. Можно считать, что за этим движением стоит непрерывный контроль сближения двух точек. Что касается прослеживающих движений глаз в начале пути рабочей точки, то вряд ли можно предположить за ними важную функцию: во-первых, на этом этапе требование к точности движения еще невелико; во-вторых, часто наблюдается другой тип поведения глаз.

Итак, при организации корректируемых движений наблюдается смешанный тип работы глаз: их движения то выступают в качестве компонента двигательной синергии, то переходят на обслуживание зрительного контроля за рабочей точкой руки.

Подводя итоги изложенных экспериментов, можно отметить несколько установленных в них фактов и положений. Во-первых, фазические движения глаз проявили себя как полноценные образующие деятельности: изменения способов и внешних условий организации движения руки влекли за собой перестройку двигательного поведения глаз.

Во-вторых, предположение о том, что отношения между движениями глаз и руки опосредствуются работой собственно зрительных механизмов, помогло объяснить некоторые из наблюдавшихся форм движений глаз. Можно думать, что быстрый, с небольшим латентным периодом скачок глаз в промежуточную позицию между рабочей точкой и целью в малом диапазоне связан с подготовкой зрительной работы — центрацией оперативного поля зрения относительно полезных сигналов. Повышенная длительность фиксации в промежуточной позиции объясняется происходящей во время нее оценкой расстояния между точками, причем неподвижность глаз свидетельствует о «масштабном» способе этой оценки. Отсутствие мелких скачков позволяет предположить, что допустимая точность оценки расстояния в этих условиях не является предельной для зрительной системы. Изменение характера движений глаз при переходе к движениям в большом диапазоне объясняется выходом цели за пределы оперативного поля зрения, соответствующего оценке расстояния с заданной точностью.

В-третьих, выявлен еще один тип участия движений глаз в организации точностного движения руки, при котором глаз вступает в непосредственное двигательное взаимодействие с рукой.

В-четвертых, показана возможность смешанного типа работы глаз: в пределах одного и того же действия функция их движений может переходить от обеспечения работы зрения к непосредственному «руководству» ручными движениями.

§ 3.2.

ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА РУЧНОГО СЛЕЖЕНИЯ

Задачи ручного слежения широко распространены в работе человека-оператора. С теоретической точки зрения они принадлежат к важному и интересному классу задач, решение которых представляет собой непрерывный процесс зрительно афферентируемой деятельности.

В исследованиях процесса слежения существует несколько различных подходов. Один из них — технический, или кибернетический, где оператор рассматривается как один из блоков системы управления (Jeh, Young, Green, 1964; Mc Donnell, 1966; Slotnick, 1969). К этому кругу работ примыкают практически ориентированные исследования, задача которых — изучить факторы, влияющие на эффективность работы оператора (Poulton, 1952; Conklin, 1957; Adams, 1961; Senders, 1964; Baty, 1969).

Другое направление, собственно психологическое и психофизиологическое, представлено сравнительно меньшим количеством работ. Часть из них характеризуется усиленным вниманием к моторным аспектам слежения. Вместе с обсуждением в целом состава и организации ручной деятельности в них рассматриваются такие параметры этой деятельности, как время реакции, частота и характер движений, длительность пауз и т. п. (Taylor, Birmingham, 1948; Chernikoff, Taylor, 1952; Водлозеров, 1964; Pew, 1966; Keele, Posner, 1968; Senders, 1968). Многие исследователи отмечают наличие разных фаз и разных способов решения задачи слежения, отличающихся использованием разных параметров движения цели (координатного рассогласования, скорости, предсказанной траектории), участием в переработке этой информации различных сенсорных и перцептивных систем: зрительной, кинестетической и т. п.

Например, в работах Б. Ф. Ломова (1967), Б. Ф. Ломова и В. М. Водлозерова (1968) делается вывод о наличии двух этапов в процессе слежения—преследования равномерно движущейся цели. Первый этап представляет собой период ориентировки: оператор приспосабливается к масштабным отношениям движения руки и цели (передаточной функции). Управление здесь ведется по контуру «глаз—рука», и для построения движения используется информация о рассогласовании метки и цели. На втором этапе управление осуществляется на основе внутреннего образа, в котором существенная роль принадлежит сигналам кинестетической модальности. На долю зрительной системы остается лишь функция контроля.

Наличие разных способов деятельности на разных этапах решения задачи слежения отмечают и другие авторы (Poulton, 1952; Adams, 1961; Суходольский,

1964; Милерян, 1965). Тем не менее сведения о строении деятельности, а также о характере включенных в нее перцептивных процессов остаются гипотетичными. Применяемые методы анализа позволяют определенно судить только о ручных операциях, что же касается афферентации и регуляции процесса решения задачи, то об этом строятся лишь более или менее обоснованные умозаключения.

Мы попытались присоединить к анализу работы оператора в задаче ручного слежения также и регистрацию движений глаз, полагая, что одновременное рассмотрение трех процессов — движения цели, руки и глаз — позволит получить более определенные сведения о составе деятельности слежения и процесса ее зрительного перцептивного обеспечения (Буякас, 1973).

Опыты проводились в ситуации одномерного компенсационного слежения. На экране осциллографа испытуемому предъявлялась цель, которая под влиянием внешнего воздействия совершала непредсказуемые движения по горизонтальной оси. Внешнее воздействие задавалось низкочастотным генератором шума. Частотная характеристика шума лежала в пределах 0—1 гц; угловая скорость перемещения цели (под влиянием шума) не превышала 2°/с; средняя ее величина находилась в области 0,4—0,8°/с; амплитуда колебаний — в пределах 3°. Испытуемый с помощью ручного манипулятора мог влиять на движение и положение цели. Соотношение масштабов движения рукоятки и цели было подобрано так, что из любой точки горизонтальной оси испытуемый мог движением рукоятки установить цель в центре экрана.

Перед испытуемым ставилась задача удерживать цель посредством манипулятора в центральной зоне экрана с допустимым разбросом ± 15 угл. мин. Центр экрана был обозначен точечной меткой, зона допустимого отклонения — двумя дополнительными метками.

Работа испытуемых исследовалась в двух режимах:

- 1) «безынерционном» — смещению рукоятки соответствовало пропорциональное смещение цели без запаздывания (режим I);
- 2) «инерционном» — резкое смещение рукоятки приводило к пропорциональному смещению цели с запаздыванием: цель начинала двигаться с некоторой постоянной скоростью (пропорциональной амплитуде смещения рукоятки) и достигала конечного положения спустя 2 с (режим II).

Предварительно испытуемые тренировались с целью освоения режимов работы.

В эксперименте участвовали 5 испытуемых.

Рассмотрим результаты для *первого режима*. На рис. 26 приведены типичные образцы записей движения руки, цели и глаз. На рисунке представлены следующие типы движений руки: (1) неподвижное состоя-

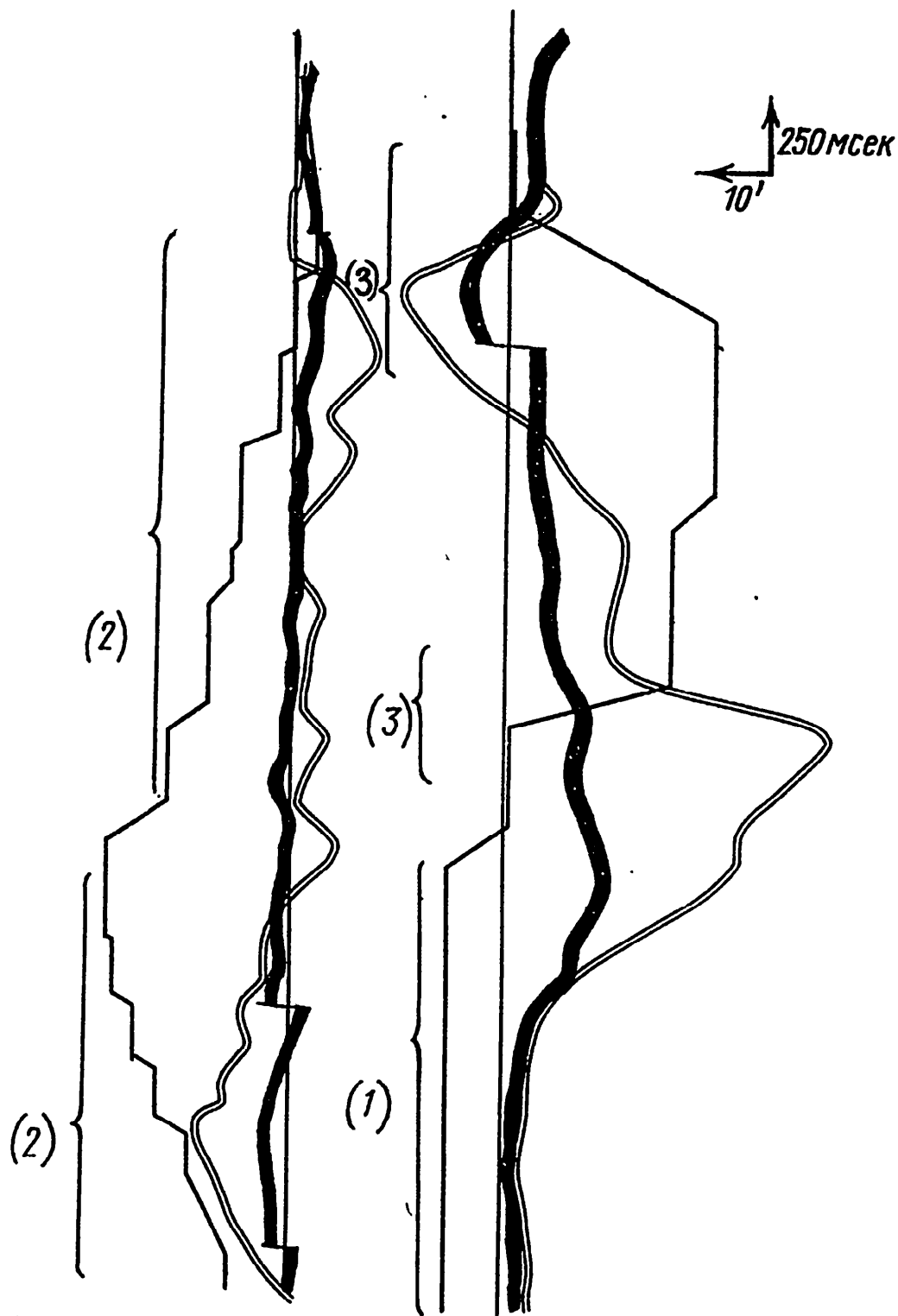


Рис. 26. Две записи движений рукоятки, цели и глаз при решении задачи ручного слежения в I режиме.

Тонкая линия — рука, двойная линия — цель, жирная линия — глаз. Вертикальной линией обозначен центр зоны

ние (когда цель пребывает у центра зоны); (2) серия небольших последовательных движений в одну сторону (ликвидация относительно медленного выхода цели из зоны); (3) быстрое одиночное движение (ликвидация

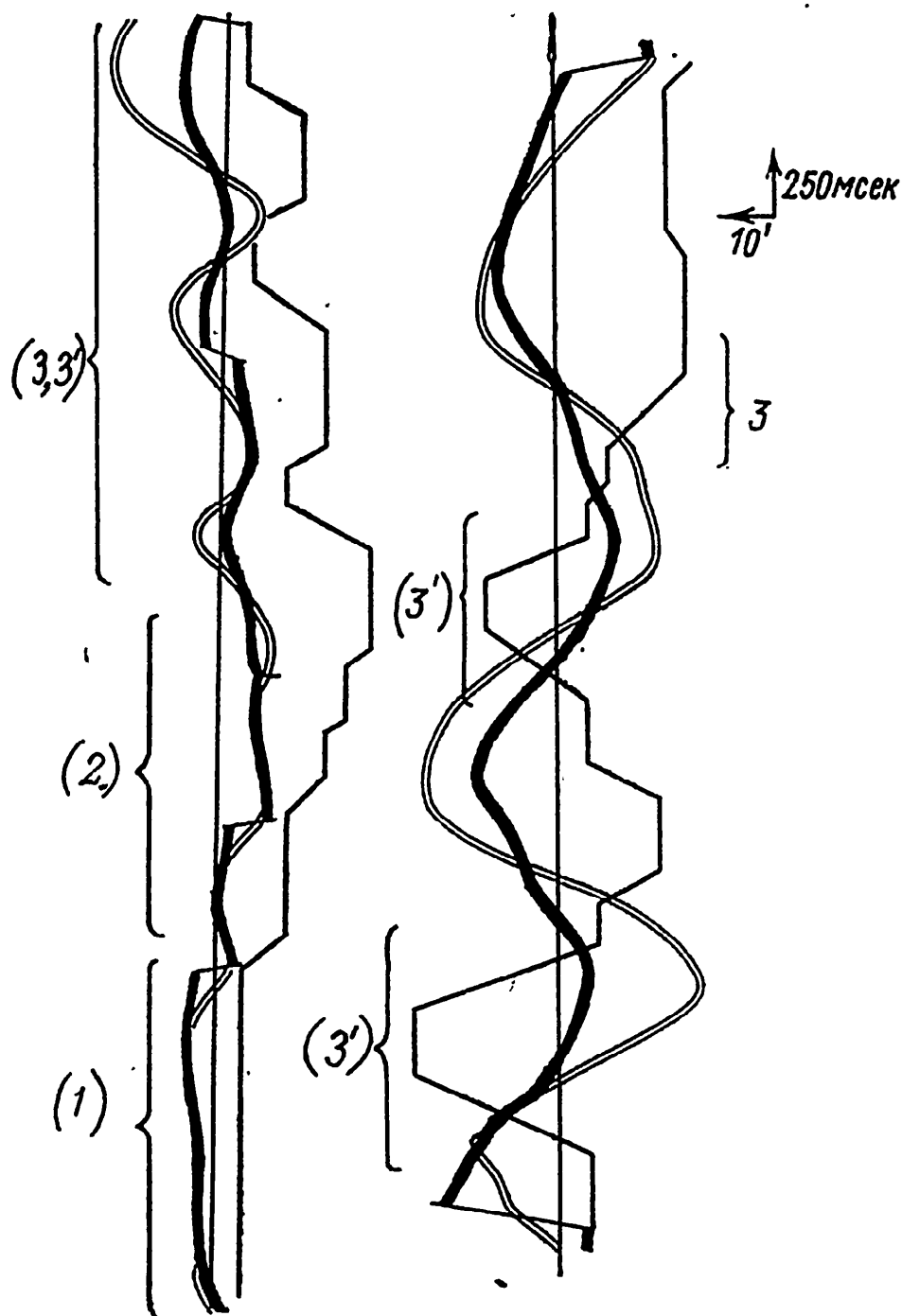


Рис. 27. Две записи движений рукоятки, цели и глаз при решении задачи ручного слежения во II режиме.
(Обозначения те же, что и на рис. 26)

быстрого ухода цели из зоны). Перечисленными типами движений практически исчерпывались «тактики» работы оператора. На записях видно моментальное действие рукоятки на цель¹, что является следствием характера передаточной функции в первом режиме.

Траектория движения глаз относительно цели отли-

¹ Следует учесть, что на записи сдвиг рукоятки в одну сторону приводит к сдвигу цели в противоположную сторону.

чается следующими особенностями. Глаза в периоды покоя рукоятки точно отслеживают цель. В периоды работы рукоятки точное отслеживание прекращается: глаза находятся преимущественно вблизи центра зоны. Ввиду большей суммарной длительности периодов работы рукояткой по сравнению с периодами покоя плохое отслеживание глазом цели представляет типичную картину для первого режима. Это подтверждается и статистической обработкой.

На рис. 27 приведены типичные образцы записей для *второго режима*. Здесь можно видеть те же «тактики» работы рукояткой: периоды покоя (1), серии мелких последовательных движений в одном направлении (2) и быстрые движения большой амплитуды (3). Обращает на себя внимание дополнительная особенность: быстрые движения обычно встречаются парами, второе движение следует через малый промежуток времени после первого и противоположно ему по направлению (3'). Эту тактику парных движений можно объяснить стремлением оператора быстрее остановить и «завернуть» цель, выходящую из зоны. Как отмечалось при описании методики, амплитуда движения рукоятки в начальный период прямо влияет на скорость цели. Поэтому имеет смысл произвести движение большей амплитуды, чем это требуется для возврата цели в нуль, и затем противоположным движением погасить выход цели из зоны в противоположную сторону, т. е. создать на короткое время большую скорость воздействия.

Теперь рассмотрим поведение глаз в этом режиме. В периоды покоя рукоятки глаза, как и в первом режиме, точно отслеживают цель. Однако такое же отслеживание цели наблюдается и во время серий мелких последовательных движений, что не имело места в первом режиме. В периоды быстрых движений соответствие движений глаз и цели несколько меньше, но все же лучше, чем в первом режиме. Таким образом, в целом второй режим отличается от первого большим соответствием траекторий глаз и цели по координате и скорости. Этот результат также подтвержден статистически (Буякас, 1973).

Для анализа причин описанного поведения глаз в обоих режимах обратимся к анализу различий в условиях основных действий. Главное содержание этих различий, на наш взгляд, состоит в том, что в первом ре-

жиме имеется дополнительный источник информации о движении цели: ввиду жесткой связи рукоятки с целью информация о движении цели здесь могла поступать не только через зрительную систему, но и от самих движений руки.

Во втором режиме ввиду запаздывания влияния рукоятки на цель связь движений руки и цели не была столь однозначной (в период запаздывания мог вмешаться шум) и знание об изменениях траектории и скорости цели оператор вынужден был получать преимущественно через зрительную систему. Таким образом, функциональная роль зрения во втором режиме была существенно большей. Это отразилось на работе глазодвигательной системы. Отсутствие слежения глазами за целью в периоды работы рукояткой в первом режиме можно интерпретировать как следствие работы относительно большим оперативным полем зрения (максимальный уход цели от центра фовеа достигал $1-2^\circ$, среднее расстояние составляло $25-30'$). Такая работа была возможна из-за небольшой нагрузки на зрение. Его функция, вероятно, ограничивалась общим контролем за движением цели. Это предположение подтверждается движением глаз в периоды покоя рукоятки. Очевидно, что в эти периоды переставали поступать кинестетические сигналы о движении цели, и зрительная система принимала на себя всю нагрузку по вводу соответствующей информации. В результате происходило сужение оперативного поля и как следствие этого повышение точности прослеживающих движений глаз. Отметим, что описанные результаты подтверждают интуитивно очевидное правило, что повышение функциональной нагрузки на зрение связано с тенденцией к большей «фовеализации» объекта; т. е. с уменьшением оперативного поля зрения.

Как было сказано выше, во втором режиме зрительная система была практически единственным каналом, по которому поступала информация не только в периоды покоя, но и в периоды движения руки. Этим и объясняется повышенная точность слежения глазами за целью: оперативное поле здесь оставалось малым на протяжении больших периодов работы. Мы видели, что точное слежение нарушается только при быстрых движениях руки. Подсчеты показали, что наибольшее расхождение положения глаз и цели в этих случаях

наблюдается в период, начинающийся за 200 мс до начала быстрого движения, и в период самих движений: величина рассогласования здесь достигает 25', скорость движения глаз значительно меньше скорости цели и часто приближается к нулю. Такое нарушение точного прослеживания, по-видимому, связано с временным ослаблением значения зрительной информации: за 200—250 мс до движения наступает рефрактерный период, и поступившая в это время информация не может быть использована в предстоящем движении (Woodworth, Schlosberg, 1958; Taylor, Birmingham, 1948; Welford, 1959; Navas, Stark, 1968), тем более она бесполезна в период самого движения, близкого к баллистическому. Однако к концу движения снова повышается роль зрения: необходимо убедиться, что движение достигло желаемой цели. Одновременно нужно готовиться к следующему движению или к их серии (в зависимости от поведения цели). Соответственно с этого момента и дальше (как при покое рукоятки, так и при мелких ступенчатых движениях) начинается точное прослеживание: отставание глаз от цели в среднем составляет 3'.

Подытожим сведения, которые нам удалось получить благодаря использованию регистрации движений глаз в ходе решения задачи ручного слежения. Прежде всего были получены факты, свидетельствующие об изменениях размера *оперативного поля зрения* в разных режимах. Это подтвердило наше предположение (высказанное на основе анализа условий режимов) о наличии в составе афферентации ручных действий *сигналов кинестетической модальности*: именно различия в поведении глаз дали возможность развести по характеру управляющих сигналов внешне одинаковые формы или «тактики» ручных действий в разных режимах. Наконец, анализ движений глаз оказался полезным в описании *микроэтапов деятельности* в рамках одного и того же режима, отличающихся по характеру работы зрительной системы: этапы поверхностного зрительного контроля, непрерывного пристального наблюдения, ввода информации для организации быстрого движения, усиленного контроля за результатами движения.

§ 3.3.

АНАЛИЗ ОДНОЙ ПЕРЦЕПТИВНОЙ ИЛЛЮЗИИ В ЗАДАЧЕ РУЧНОГО СЛЕЖЕНИЯ

В ходе исследования деятельности ручного слежения был получен один результат, который пролил дополнительный свет на характер включенных в эту деятельность перцептивных процессов и косвенно подтвердил некоторые выводы предыдущего параграфа.

Опыты проводились на той же установке, при той же задаче, в тех же режимах (I и II), что и эксперименты, описанные в § 3.2. Отличались лишь внешние условия предъявления движущейся цели. Во-первых, были увеличены угловые размеры экрана: они составляли $35^\circ \times 35^\circ$; во-вторых, в опытах менялся характер фона, на котором предъявлялась цель: фон мог быть гомогенным либо контрастным; в последнем случае он мог быть либо движущимся, либо неподвижным. Это достигалось проекцией на экран вертикальных черно-белых полос. Полосы могли двигаться справа налево или слева направо. При этом их скорость была постоянной, равной $6^\circ/\text{с}$. Наконец, несколько отличалась также инструкция испытуемому: он должен был удерживать цель, отклоняющуюся в результате действия шума, против метки в центре экрана (а не в зоне, как в предыдущих опытах).

Было обнаружено, что если зрительный сигнал, положением которого управлял испытуемый, предъявлялся на движущемся фоне, то возникала *стойкая асимметрия ошибки слежения*. Этот эффект, однако, имел место только при запаздывающем влиянии рукоятки на сигнал, т. е. во *втором* режиме, и никогда не наблюдался при «жесткой» связи рукоятки с сигналом, т. е. в *первом* режиме.

Указанная асимметрия оказалась связанной с направлением движения фона: ошибка была больше с той стороны, в которую двигались полосы (Любимов, 1973).

Данные экспериментов были подвергнуты количественной обработке. Для этого отдельно суммировались «правые» и «левые» ошибки слежения (отклонение цели от метки), с шагом 0,5 с находилась разность между интегральной правосторонней и левосторонней ошибками и подсчитывалось отношение этой разности к общей сумме (правосторонних и левосторонних) ошибок. Полученная таким образом величина характеризовала

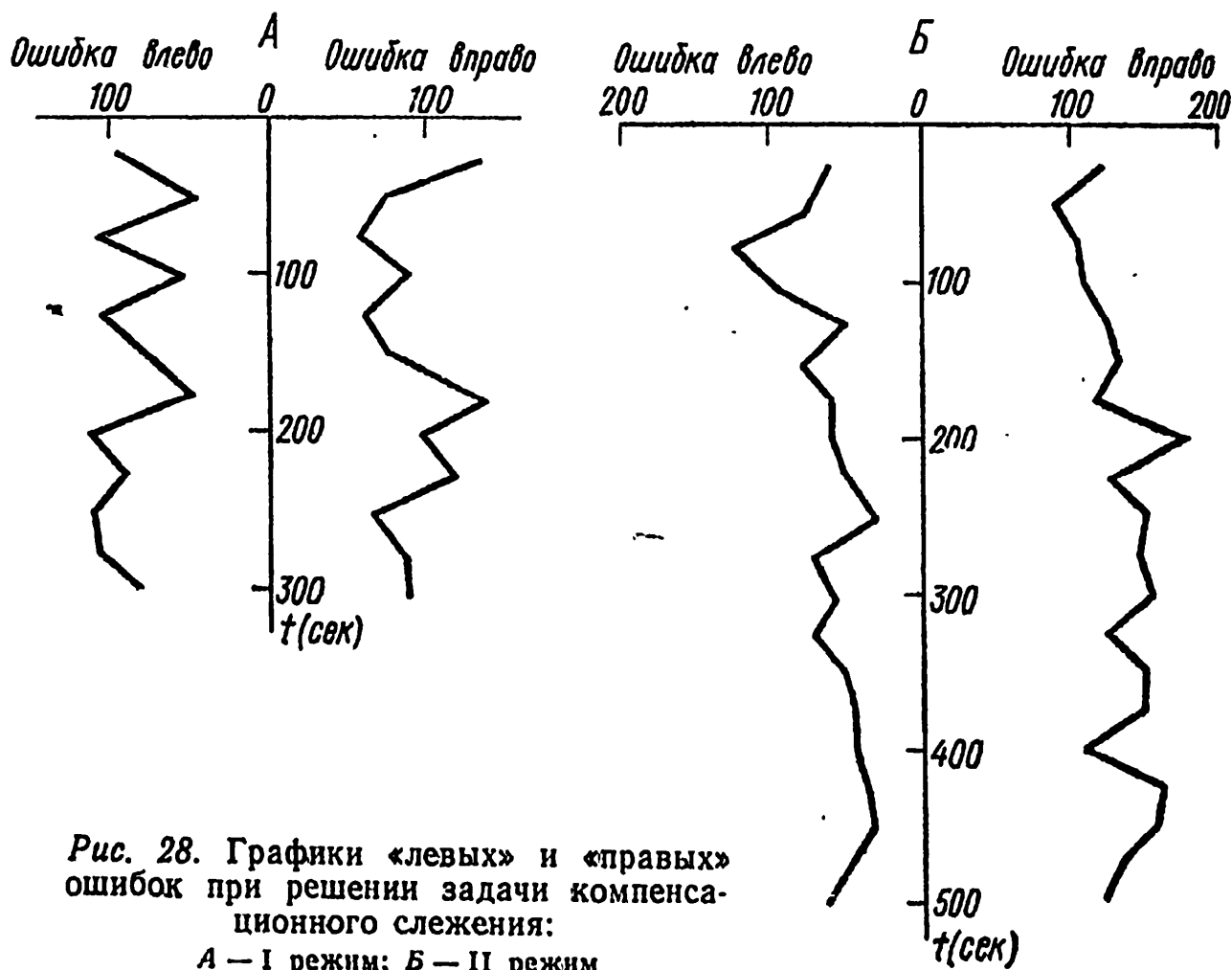


Рис. 28. Графики «левых» и «правых» ошибок при решении задачи компенсационного слежения:
А — I режим; Б — II режим

асимметрию ошибки слежения. Результаты обработки приведены в табл. 3—2. На рис. 28 графически представлены правосторонняя и левосторонняя ошибки слежения при работе одного испытуемого в I и II режимах (соответственно А и Б) при движущемся фоне. Каждая точка на графике выражает ошибку («правую» или «левую»), усредненную на интервале 25 с.

Графики и данные таблицы подтверждают наличие во втором режиме асимметрии ошибки слежения, совпадающей по направлению с движением фона. В первом режиме такая асимметрия не наблюдается: соответствующие значения ее невелики и по знаку не связаны с направлением движения фона.

Для объяснения полученных фактов было высказано предположение, что описанная асимметрия ошибки слежения связана с ошибочной оценкой скорости сигнала, которую провоцировал движущийся фон: скорость недооценивалась, когда фон и сигнал двигались в одном направлении, и переоценивалась при движении сигнала и фона в противоположных направлениях.

**ПРОЦЕНТ АСИММЕТРИИ ОШИБКИ СЛЕЖЕНИЯ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ ИСПЫТУЕМЫХ
И РАЗЛИЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ ФОНА**

Испытуемые	I режим		II режим	
	Движение фона		Движение фона	
	Слева направо	Справа налево	Слева направо	Справа налево
Б. А.	+7	+ 8	+23	—16
Т. Ф.	+5	—13	+38	—41
Т. Б.	—	—	+54	—47
Б. Х.	—	—	+27	—28
Н. О.	+5	— 5	+28	—24
С. Ж.	—4	+14	—	—

Примечание. Проценты асимметрии ошибки даются со знаком (+), если ошибка справа превышает ошибку слева, и со знаком (—), если ошибка слева превышает ошибку справа.

Испытуемый действовал в соответствии с воспринимаемой (ошибочно) скоростью, недостаточно компенсируя отклонения сигнала в первом случае и чрезмерно компенсируя их во втором. В результате сигнал большую часть времени оказывался по одну сторону цели, что и определяло асимметрию ошибки слежения.

Это объяснение оставляло, однако, открытым вопрос: почему асимметрия ошибки не наблюдалась в первом режиме? Ответить на него помогает анализ характера зрительной перцептивной работы, содержащийся в предыдущем параграфе. Там было показано, что в первом режиме имеет место работа большим оперативным полем зрения, во втором — малым.

Из исследований иллюзии индуцированного движения известно, что эта иллюзия возникает при концентрации внимания на небольшом объекте-фигуре и исчезает при распределении его на более широкой площади движущегося фона (Duncker, 1929). Нетрудно видеть, что способ работы зрения в первом режиме как раз соответствовал условиям исчезновения иллюзии, а способ работы во втором режиме — условиям ее возникновения. Остается добавить, что названная иллюзия в отношении движущегося сигнала как раз означает

недооценку его скорости в одном направлении и переоценку в другом.

Хочется подчеркнуть своеобразное положение, в котором оказывалась зрительная система испытуемых при работе во втором режиме. Сужение оперативного поля до размеров сигнала было целесообразной «реакцией» зрения на усложнение общих условий работы. Однако из-за движения фона эта целесообразная реакция становилась одновременно причиной перцептивной иллюзии. Зрительная система как бы попадала в заколдованный круг: способ, к которому она прибегала для более тщательной оценки скорости сигнала, приводил к ошибочной оценке той же скорости. Движения глаз обслуживали этот способ, т. е. работу малым оперативным полем, и тем самым оказывались невольными «соучастниками» процесса, приводящего к иллюзии. С методической же точки зрения они явились главным звеном, которое помогло «вытянуть» всю цепь событий в целом: начиная с анализа режима влияния рукоятки на сигнал и кончая ошибкой оператора.

●

**Фиксационные
движения
глаз
и их связь
с
деятельностью**

Исследования, изложенные в двух предыдущих главах, касались в основном фазических движений глаз, т. е. движений, приводящих к перемещению взора по объекту. Однако не менее функционально значимой является тоническая форма движений, выражающаяся в собственно фиксациях глаз. Ведь именно во время глазных фиксаций происходит основная зрительная работа; фазические же движения лишь подготавливают для нее условия.

Зрительный процесс, происходящий во время фиксаций, варьирует по многим параметрам. Он может меняться по напряженности, насыщенности, активности, произвольности, площади охвата и т. п. Недаром в языке существует большое количество терминов, отражающих меру активности зрения, способ или манеру смотрения, степень содержательности зрительного акта и т. п. Так, говорят о «пристальном»; «сверлящем» или «пронизывающем» взгляде. Взгляд может быть «бессмысленным», «отсутствующим» или «пустым». Можно «устремить» взор, «пробежать» глазами или

«охватить» картину одним взглядом; «пялить» глаза, смотреть «краем глаза» и т. п. За всеми этими словами и выражениями скрывается психологическая реальность, которую мы хорошо чувствуем, но пока очень плохо умеем анализировать.

Сведения, которые мы получаем с помощью регистрации и анализа внешних движений глаз, при всей их ценности оказываются все-таки недостаточными. Такие параметры, как общая траектория, амплитуда и частота скачков, распределение фиксаций на объекте, их длительность¹, не всегда коррелируют с состояниями зрительного внимания. Например, траектории движений глаз по объекту при «пустом взоре» и внимательном рассматривании могут быть практически одинаковыми; фиксации повышенной длительности могут возникать как при напряженной зрительной работе, так и в периоды умственного сосредоточения, когда внимание «уходит внутрь» (Гиппенрейтер, 1964; Гиппенрейтер, Караева, 1968; Бороздина, 1973; Конькова, 1973).

Если воспользоваться геометрическим образом, то в целом записи фазических движений глаз можно сравнить с проекцией трехмерного тела на плоскость. Как известно, по такой проекции уже нельзя восстановить потерянное третье измерение. Точно так же записи движений глаз не позволяют восстановить «третье измерение» зрительного процесса — его содержательно-динамическую сторону. Такая ограниченность метода регистрации движений глаз в его традиционном виде вызвала у нас в процессе исследований всевозрастающее чувство неудовлетворенности и побуждало искать новые методические пути.

В ходе поисков возникла идея двух конкретных методов.

Первый из них был подсказан наблюдением эффектов, которые хорошо знакомы каждому.

Если смотреть из окна освещенной комнаты на не очень темную улицу, то можно с одинаковым успехом видеть и отражающуюся в стекле внутреннюю обстановку комнаты, и улицу с домами, машинами, прохожими и т. п. Восприятие каждой картины можно вы-

¹ Длительность фиксаций как остановок между движениями может рассматриваться в качестве характеристики фазических движений глаз.

зывать и менять по желанию, но никогда не удастся увидеть их обе одновременно. Что это нельзя объяснить «периферическими факторами», например различной аккомодацией глаз, следует из простого эксперимента: если выбрать на улице и в комнате два предмета, находящихся на равных расстояниях от поверхности стекла, то аккомодация на них будет одинаковой, однако они все равно будут восприниматься только поочередно. Видение одной из картин, по крайней мере так, как это представлено в самонаблюдении, зависит не от внешней причины, а от некоторого внутреннего усилия или «настройки внимания». При этом элементы другой картины выступают как неосмысленный, неструктурированный фон, подобный «фону», описанному гештальт-психологами, но отличающийся тем, что он проецируется на те же участки сетчатки, что и элементы «фигуры», т. е. осмысленной ситуации.

Теперь предположим, что мы рассматриваем отражение какого-то предмета внутри комнаты, а фон за окном движется. Так бывает, например, когда мы едем по освещенной улице в освещенном автобусе и рассматриваем в стекле отображение другого пассажира. Возникает вопрос: будет ли движущийся за окном фон влиять на движения глаз? Если да, то не будут ли эти «вызванные» движения меняться в зависимости от того, *как* мы смотрим на интересующий нас предмет? Второй вопрос был главным. Под словом «как» мы подразумевали все те внутренние психологические свойства зрительных процессов, которые, как мы поняли, остаются за пределами «разрешающей способности» метода регистрации фазических движений глаз. В случае положительного ответа на оба вопроса — наличия «вызванных» движений глаз во время фиксации и зависимости этих движений от качественных характеристик зрительного процесса — мы смогли бы использовать такие движения в качестве объективных индикаторов последних.

Идея второго метода предполагала использование другой разновидности фиксационных движений глаз — динамической фиксации или следящих движений глаз.

Динамическую фиксацию, вообще говоря, можно отнести как к фазической, так и к тонической формам движений глаз. К первой — по причине перемещения глаз во внешнем пространстве; ко второй — из-за ста-

билизации их относительно движущегося объекта. Нас интересовал больше второй аспект, а именно фиксация глаз на движущемся объекте. Задачей исследования было выявить возможную зависимость точности динамической фиксации от степени зрительного внимания к движущемуся объекту.

Содержание настоящей главы можно разбить на две смысловые части. К первой относятся исследования собственно фиксационных движений глаз — свойств и механизмов фиксационного оптокинетического нистагма (ФОКН) и уровней динамической фиксации (соответственно § 4.1 и 4.3). Вторую часть составляют исследования «чувствительности» фиксационных движений к содержательно-динамическим характеристикам зрительного процесса (§ 4.2—4.5). В процессе исследования фиксационного оптокинетического нистагма обнаружилось новое свойство фиксационных движений — реагирование на временную структуру текущей деятельности. Описанию этого феномена посвящен последний параграф (4.6).

§ 4.1.

ФИКСАЦИОННЫЙ ОПТОКИНЕТИЧЕСКИЙ НИСТАГМ И ЕГО МЕХАНИЗМЫ

В § 1.1. подробно рассматривались движения глаз при задаче фиксировать неподвижную точку. В § 1.2 речь шла о движениях глаз при предъявлении регулярно движущихся контрастов и задаче смотреть на них или следить за ними (соответственно «зрительный» и «движительный» оптокинетический нистагмы). Как же будут вести себя глаза в конфликтных условиях — при инструкции фиксировать неподвижную точку, предъявленную на фоне движущихся контрастов?

Этот вопрос впервые экспериментально был исследован в 1930 г. М. Фишером и А. Корнмюллером. Испытуемый помещался внутрь вращающегося барабана с черно-белыми полосами, и его просили фиксировать неподвижную спицу, находившуюся перед движущимися полосами. Наблюдая с помощью лупы за глазами

испытуемого, они обнаружили нистагмондные движения и дали их описание. Приведем краткий отрывок из него.

«... Если сравнить теперь эти своеобразные движения глаз с оптокинетическим нистагмом (ОКН), то нужно признать, что помимо количественных, внешне никаких различий нет. Здесь также есть смена быстрых фаз и медленных плавных следящих движений, поэтому феноменологически мы, пожалуй, могли бы рассматривать эти движения как частный случай ОКН. Ведь вне всякого сомнения они также вызываются оптокинетически. Чтобы подчеркнуть их особенности, однако, целесообразно назвать их «фиксационным оптокинетическим нистагмом»...» (Fischer, Kornmuller, 1930, с. 73).

Итак, М. Фишер и А. Корнмюллер впервые описали особый вид движений глаз и дали им название — фиксационный оптокинетический нистагм (ФОКН). Однако сделали они это на основании визуального наблюдения, не зарегистрировав описанные движения объективным методом. Это не было сделано и другими авторами на протяжении последующих тридцати с лишним лет. В результате описанный тип движений глаз стал отрицаться.

Вот выдержки из двух известных руководств по нейроофтальмологии: «ОКН может быть уничтожен, если испытуемый во время оптокинетической стимуляции будет фиксировать какой-нибудь неподвижный предмет или будет просто воображать его» (Walsh, 1957, с. 332); «Если испытуемый будет фиксировать свое внимание на каком-либо неподвижном предмете, а не на движущемся барабане, то ОКН исчезает» (Kestenbaum, 1947, с. 222).

Причиной такого категорического отрицания была недостаточная разрешающая способность применявшихся методов регистрации движений глаз. В большинстве случаев это был низкочувствительный метод электроокулографии. По-видимому, впервые регистрацию ФОКН произвел Л. Старк с сотрудниками в 1962—1963 гг. (Nelson, Stark, 1962; Merrill, 1963). Сообщение было опубликовано в отчетах лаборатории и стало известно нам по публикации 1971 г. (Stark, 1971).

Л. Старк сообщает следующие сведения о ФОКН. Как и оптокинетический нистагм, он состоит из медленных фаз и быстрых возвратных скачков. Этот вид нис-

тагма наблюдается не только при наличии фиксационной точки, но и при отсутствии ее, т. е. при инструкции фиксировать взор на движущемся фоне («staring-ОКН», по терминологии Л. Старка, в отличие от «fixated-ОКН»). Скорость медленных фаз staring-ОКН доходит до $5^\circ/\text{с}$; скорость медленных фаз fixated-ОКН значительно меньше. В обоих случаях она не зависит от скорости движущихся контрастов. Если фиксируемая точка движется, то скорость плавных движений глаз представляет собой алгебраическую сумму скорости прослеживающих движений и медленных фаз ФОКН.

Амплитуда быстрых и медленных фаз ФОКН нерегулярна, однако обнаруживается хорошая корреляция (0,86) между амплитудой скачка и амплитудой следующего за ним дрейфа; в то же время корреляция между амплитудами скачка и предыдущего дрейфа отсутствует (0,14). Отсюда Л. Старк делает вывод, противоречащий гипотезе коррекционной функции микросаккад. По его мнению, дрейф исправляет позицию глаз, нарушенную скачком. Скачок же, по-видимому, выражает «исследовательскую реакцию» в направлении, откуда появляются движущиеся полосы.

В 1967 г. независимо от работ Л. Старка и его сотрудников нами также была начата серия исследований фиксационного оптокинетического нистагма (Романов, 1967², 1973; Гиппенрейтер, Романов, 1970, 1973). Главный интерес для нас представляло изучение связи характеристик ФОКН с содержанием деятельности, т. е. зависимости его от решаемой субъектом задачи. Однако предварительно необходимо было исследовать основные свойства ФОКН в «фоновых» условиях, т. е. при задаче фиксировать точку.

Настоящий параграф посвящен изложению основных свойств ФОКН в этих условиях, а также сопоставлению его с другими видами нистагма — физиологическим (ФН) и оптокинетическим (ОКН).

В основных опытах испытуемый помещался перед экраном, на который подавались движущиеся вертикальные черно-белые полосы и неподвижная световая точка. Испытуемому предлагалось фиксировать точку, не обращая внимания на полосы. Размеры экрана

² См.: Романов В. Я. Фиксационный оптокинетический нистагм как метод исследования уровней работы зрительной системы. Дипломная работа. М., 1967.

20°×20°, ширина каждой (черной и белой) полосы 4°. В различных сериях переменными были следующие условия: 1) направление движения полос — полосы могли двигаться слева направо и справа налево; 2) скорость движения полос — всего было восемь скоростей в пределах от 14 до 240°/с: $V_1=14^\circ/\text{с}$; $V_2=26^\circ/\text{с}$; $V_3=36^\circ/\text{с}$; $V_4=47^\circ/\text{с}$; $V_5=82^\circ/\text{с}$; $V_6=140^\circ/\text{с}$; $V_7=178^\circ/\text{с}$; $V_8=240^\circ/\text{с}$; 3) частота полос (количество полос, проходящих через фиксационную точку в одну минуту), которая менялась одновременно со скоростью в пределах от 40 до 690 в 1 минуту; 4) физические характеристики фиксационной точки — ее размеры и яркость. Яркость менялась по субъективной шкале: «яркая», «средняя», «слабая»; соответственно ей менялись размеры: 16', 7—8' и 2—3'; проводились также записи в условиях невидимой точки; 5) состояние испытуемых: в пробах с двумя испытуемыми сравнивались норма и состояние алкогольного опьянения.

Опыты сопровождалась регистрацией горизонтальной составляющей движений глаз с помощью фотооптической техники (Ярбус, 1965). Разрешающая характеристика записи 1 угл. мин в 1 мм.

В каждом опыте до включения движущихся полос регистрировались движения глаз при фиксации неподвижной точки на неподвижном фоне. Эти записи были необходимы для сопоставления ФН и ФОКН. Производилась также регистрация движений глаз при задаче проследживать движущиеся полосы, не обращая внимания на неподвижную точку. Таким образом, получалась возможность сравнить у одних и тех же испытуемых «двигательный» ОКН и ФОКН.

Все опыты проводились в условиях бинокулярного зрения. В опытах участвовали 9 испытуемых, с каждым из которых было проведено не менее 3 опытов на каждое условие. В результате у каждого испытуемого было получено по 700—900 циклов на условии.

Зависимость ФОКН от асимметрии физиологического нистагма (ФН)

Ранее у большинства обследованных испытуемых была обнаружена асимметрия ФН: она заключалась в преобладании одного из двух направлений дрейфов (и соответственно возвратных скачков): правого или левого³. У части испытуемых такой асимметрии не наблюдалось. Таким образом, все испытуемые были разделены на три группы: «правосторонние» (дрейфы преимущественно вправо, скачки влево), «левосторонние» (дрейфы влево, скачки вправо) и «центристы» (отсутствие преобладающего направления дрейфов и скачков).

³ Напомним, что в опытах регистрировалась горизонтальная составляющая движений глаз.

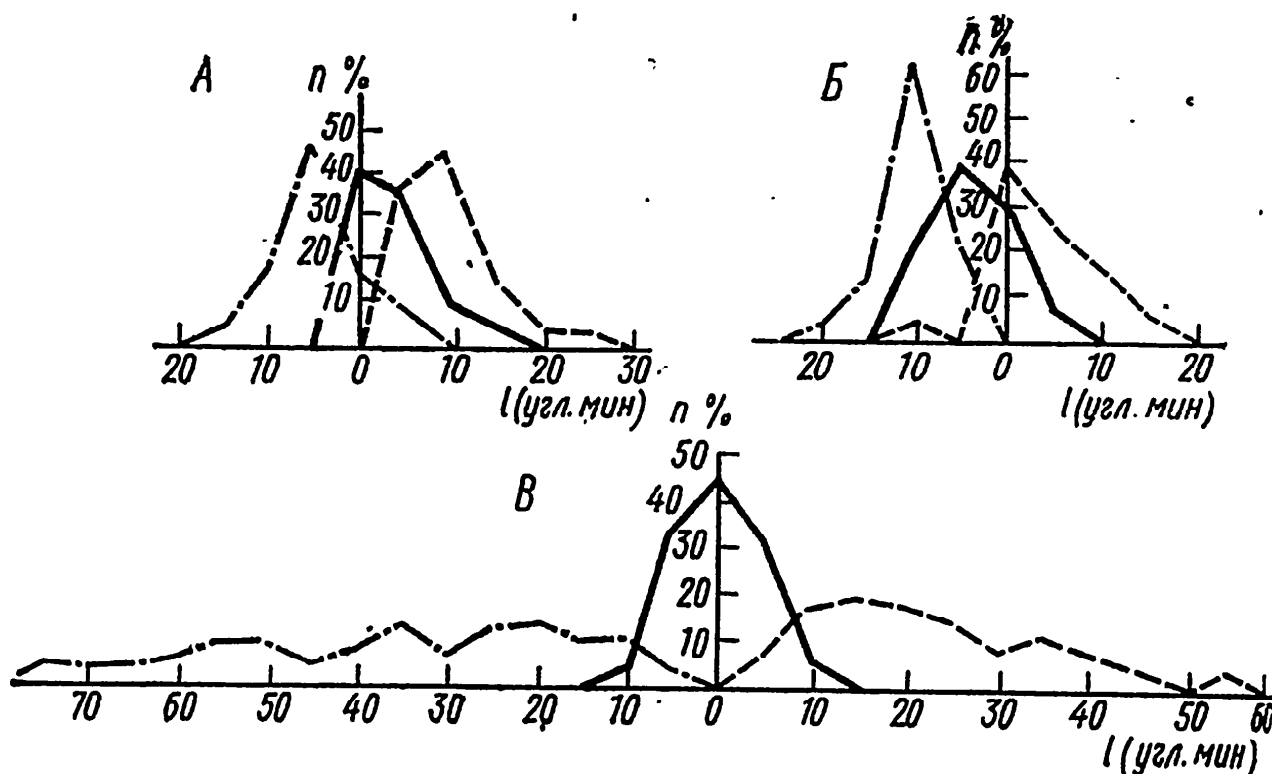


Рис. 29. Вариационные кривые распределения амплитуд дрейфов ФН и ФОКН у испытуемых с различной асимметрией ФН:

А — «правосторонняя» испытуемая (Р. М.); Б — «левосторонняя» испытуемая (М. Л.); В — «центрист» (И. М.).

Сплошная линия — ФН, штрихпунктир — ФОКН при движении контрастов влево, штриховая линия — ФОКН при движении контрастов вправо

Записи ФН у представителей каждой из описанных групп приведены на рис. 3. На рис. 29 даны вариационные кривые распределения амплитуд дрейфов ФН (сплошная линия) у тех же испытуемых. Видны сдвиги графиков по отношению к нулевой точке: А — вправо («правосторонняя» испытуемая), Б — влево («левосторонняя» испытуемая); кривая В симметрична («центрист»).

При включении движущихся контрастов (и сохранении инструкции фиксировать неподвижную точку) у всех испытуемых без исключения наблюдались изменения фиксационных движений. Характер этих изменений определялся соотношением направлений исходной асимметрии ФН и движения контрастов. Если эти направления совпадали, наблюдалась своеобразная «раскачка» фиксационного нистагма: увеличивалась скорость и амплитуда дрейфов (соответственно амплитуда возвратных скачков), сокращалась длительность циклов (рис. 30). Этот результат совпал с наблюдениями М. Фишера и А. Корнмюллера, поэтому описанный тип движения мы обозначили как «типичный ФОКН». Если направления движения фона и дрейфов ФН были

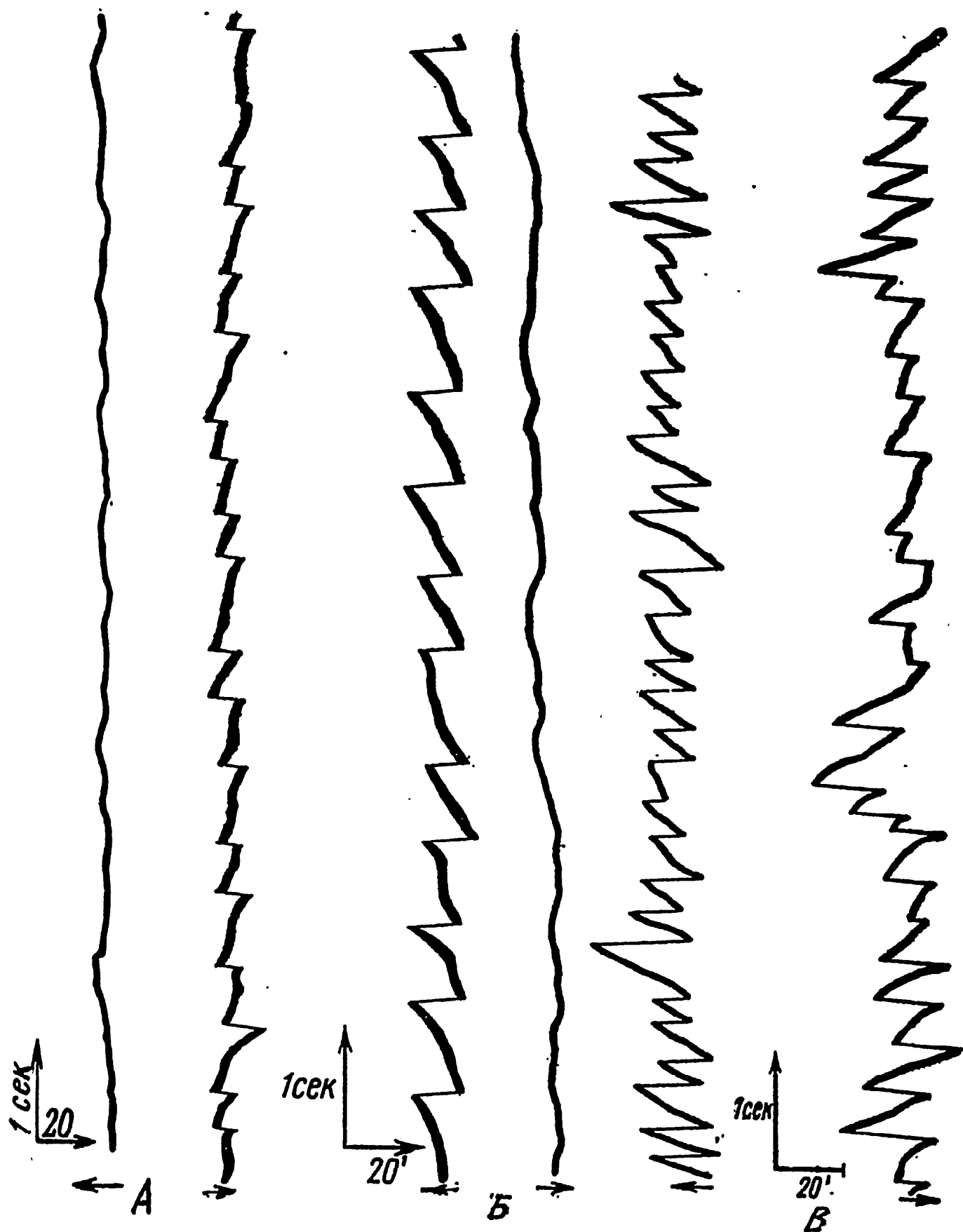


Рис. 30. ФОКН при движении контрастов вправо и влево (указано стрелками) у испытуемых с различной асимметрией ФН:

А — «правосторонняя» испытуемая (Р. М.); Б — «левосторонняя» испытуемая (М. Л.); В — «центрист» (И. М.)

противоположны, то наблюдался обратный эффект: уменьшалась скорость и амплитуда дрейфов (соответственно амплитуда скачков) и сильно увеличивалась длительность циклов (рис. 30). У «центристов» движение полос в каждом из горизонтальных направлений вызывало раскачку ФН в том же направлении (рис. 30, В). Статистическая обработка этого результата представлена в графиках распределения амплитуды дрейфов ФОКН (*штрихпунктир и пунктир*) на рис. 29.

Вся дальнейшая работа основывалась преимущественно на использовании «типичного ФОКН». Для этого у каждого испытуемого предварительно выявлялась его «сторона», т. е. направление движения фона, приводящего к большей раскачке глаз, и это направление фона сохранялось в последующих опытах.

Количественные характеристики ФОКН в сопоставлении с ФН

Выявление различий между фиксационными движениями глаз при фиксации точки на неподвижном и движущемся фоне имеет принципиальное значение, так как именно эти различия дают основание рассматривать ФОКН как особый тип движений глаз. Поэтому нами была произведена статистическая обработка записей ФН и ФОКН по параметрам длительности, амплитуды и скорости медленных фаз у 8 испытуемых. Средние значения указанных параметров приведены в табл. 4—1.

Таблица 4—1

ЗНАЧЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ (t), АМПЛИТУДЫ (l)
И СКОРОСТИ (v) МЕДЛЕННЫХ ФАЗ ФН
И «ТИПИЧНОГО ФОКН» И ИХ РАЗНОСТИ

Тип движений глаз	t (в мс)	l (в угл. мин)	v (в угл. мин/с)
ФН (M_1)	1490	4	4
ФОКН(M_2)	930	20	29
$M_1 - M_2$	560*	—16*	— 25*

*) $p < 0,0001$.

Сравнение приведенных данных показывает высоко-
достоверные различия обоих типов движений глаз по
всем трем параметрам.

Зависимость параметров ФОКН от
физических характеристик движущего
фона (в сопоставлении с ОКН)

Известно, что одним из основных факторов, влияющих на движение глаз при прослеживании движущихся контрастов, является скорость и частота последних (А. Р. Шахнович, В. Р. Шахнович, 1964; Кисляков, Неверов, 1966; Fox et al., 1931; Ter-Brook, 1936; Kestenbaum, 1961). Эта зависимость была проверена в условиях наших опытов.

Испытуемым ставилась задача прослеживать движущиеся контрасты от одного края экрана до другого. Скорость движения полюс варьировала от 4 до 71°/с. В этом диапазоне было исследовано 8 различных скоростей: 4, 11, 14, 18, 33, 43, 59 и 71°/с. Частота контрастов менялась вместе со скоростью от 50 до 700 полюс в 1 минуту.

Оказалось, что при малых значениях скорости контрастов скорость движения глаз почти совпадает с ней; это сохраняется вплоть до 20—30°/с. При дальнейшем увеличении скорости начинается отставание глаз. Тем не менее скорость медленных фаз и частота циклов ОКН увеличиваются вплоть до скорости 45°/с (соответственно до частоты 200 циклов/мин). Еще большее увеличение скорости контрастов приводит к резкому замедлению движений глаз. Описанные результаты в общем совпадают с имеющимися в литературе (А. Р. Шахнович, В. Р. Шахнович, 1964; Кисляков, Неверов, 1966; Kestenbaum, 1961).

Так как ФОКН представляет собой форму нистагма, возникающего в условиях оптокинетической стимуляции, естественно было выяснить вопрос о влиянии физических характеристик движущегося фона (его скорости, частоты контрастов) на параметры ФОКН.

С этой целью была проведена специальная серия на трех испытуемых. Оказалось, что при изменении скорости контрастов в диапазоне от 14 до 240°/с средняя скорость медленных фаз ФОКН постоянна. Этот результат, таким образом, совпал с данными, сообщенными Мерилом и Старком (см. Stark, 1971). При изменении скорости и частоты контрастов сохранялась также амплитуда и частота циклов ФОКН.

Зависимость параметров ФОКН от физических характеристик фиксации точки

В отличие от движущегося фона физические характеристики фиксации точки оказывали существенное влияние на параметры ФОКН. Увеличение размеров и яркости точки приводило к «подавлению» ФОКН — уменьшению амплитуды и скорости медленных фаз. Наоборот, ослабление точки сопровождалось раскачкой ФОКН.

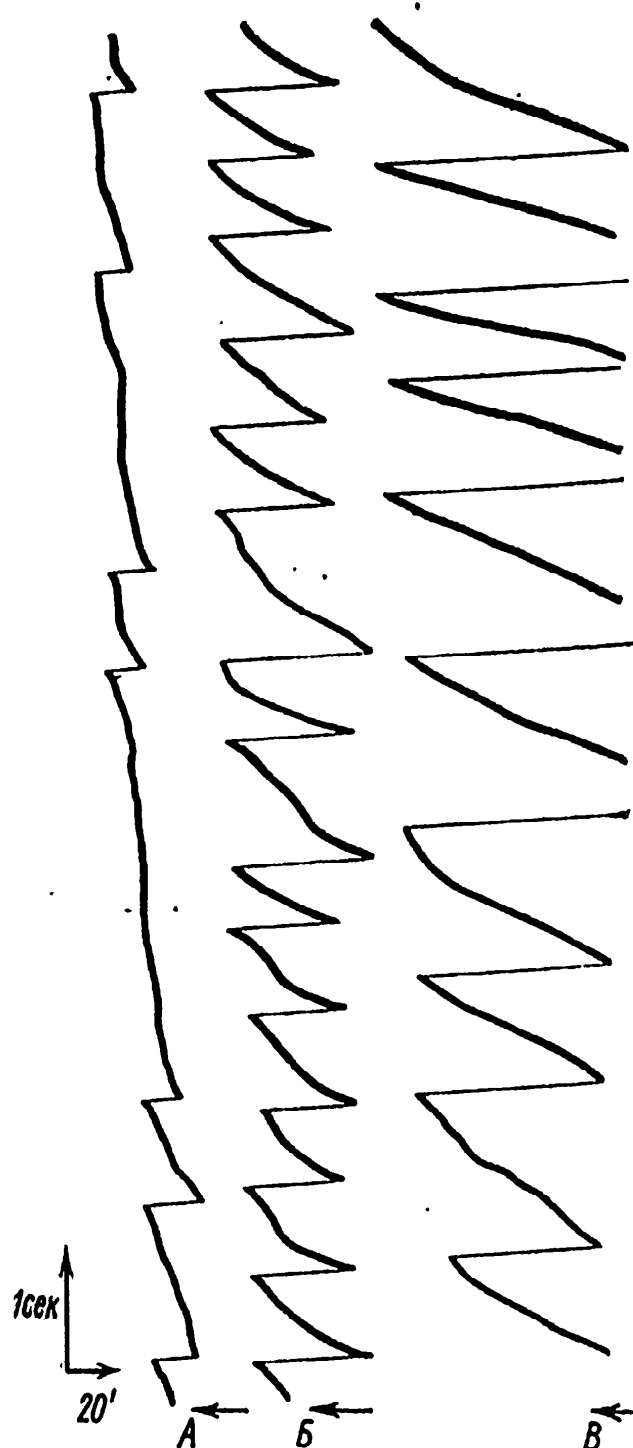
При попытках фиксировать воображаемую точку наблюдалась еще большая раскачка ФОКН; по мере продолжения фиксации его медленные фазы переходили в прослеживающие движения — медленные фазы ОКН (рис. 31).

ФН и ФОКН в состоянии алкогольного опьянения

Алкоголь часто используется для изучения механизмов регуляции движений глаз. Нам удалось найти лишь одно сообщение о влиянии алкоголя на фиксационные движения, в котором говорилось об увеличении спонтанных движений, особенно при резком отведении глаз в сторону (Aschan et al., 1956).

Наши наблюдения выявили заметное увеличение амплитуды и скорости медленных фаз ФН при алкогольном

ном опьянении по сравнению с ФН в норме, а также большое сходство «алкогольного ФН» с типичным ФОКН. Получить запись ФОКН в состоянии алкогольного опьянения у испытуемых не удалось: включение движущихся контрастов немедленно приводило к сильному головокружению, тошноте и невозможности поддерживать стабильную фиксацию; испытуемые, как правило, отказывались от дальнейшего участия в опыте.



включению движущихся контрастов немедленно приводило к сильному головокружению, тошноте и невозможности поддерживать стабильную фиксацию; испытуемые, как правило, отказывались от дальнейшего участия в опыте.

Рис. 31. Записи ФОКН при различных размерах и яркости фиксационной точки:

*А — яркая точка, диаметр 16';
Б — едва заметная точка, диаметр 2';
В — невидимая точка. Испытуемая М. Л., — левосторонняя.*

Стрелки указывают направление движения контрастов. (Разрывы на записи «В» вызваны уходом луча за пределы регистрирующего устройства.)

О возможных механизмах ФОКН

Изложенные данные свидетельствуют о большей близости ФОКН к фиксационному, физиологическому нистагму (ФН), чем к оптокинетическому нистагму

(ОКН). Общими с ФН свойствами являются относительно малая амплитуда циклов ФОКН, заставляющая отнести этот вид движений к классу микродвижений глаз, и их произвольный характер. Главным отличием от ОКН является независимость скорости медленных фаз и частоты циклов ФОКН от скорости и частоты движущихся контрастов. Таким образом, первоначальное предположение М. Фишера и А. Корнмюллера о том, что ФОКН — это «частный случай ОКН», не подтверждается.

По-видимому, в формировании ФОКН принимают участие те же механизмы, что и в формировании ФН: субкортикальный центр произвольного нистагма, затылочный центр произвольной фиксации и лобный центр произвольной фиксации (см. § 1.1). Выше было показано, что типичный ФОКН отличается от ФН большей скоростью медленных фаз и большей амплитудой циклов, что придает ему вид «раскаченного» ФН. Такое отличие от ФН можно отнести за счет усиления в условиях движущегося фона активности низкоуровневого нистагмогенного центра.

Одно из первых предположений о существовании этого центра было высказано Г. Рэйдмейкером и Дж. Тер-Брааком (Rademaker, Ter-Braak, 1948), которые локализовали его в области вестибулярных и глазодвигательных подкорковых ядер. Позже существование нистагмогенного центра было подтверждено в исследованиях Ф. Бергмана и др. (Bergmann et al., 1964) и Дж. Вольфа (Wolfe, 1969). Раздражая ядра передних двухолмий, эти авторы получали горизонтальный нистагм в темноте (центральный нистагм).

Нистагмогенный центр посылает, видимо, к глазным мышцам несимметричные стимулы, вследствие чего и возникают однонаправленные дрейфы ФН. Можно предположить, что в этот же центр поступает и оптокинетическая стимуляция; в зависимости от направления движения контрастов оба указанных влияния либо суммируются, либо взаимно вычитаются. В результате происходит либо усиление дрейфов ФН (типичный ФОКН), либо их подавление (подавленный ФОКН).

Предположение, что эндогенная и оптокинетическая стимуляции могут алгебраически суммироваться, подтверждается экспериментами Ф. Бергмана и др. (Berg-

тапп et al., 1964). Центральный нистагм, который получался путем электрического раздражения субкортикального центра, усиливался при движении контрастов в одну сторону и тормозился при движении их в противоположную сторону. Предположение о том, что типичный ФОКН является, по существу, «раскаченным» ФН, подтверждается записями ФН в состоянии алкогольного опьянения: ФН в этом состоянии и ФОКН в норме практически не различаются.

Участие в формировании ФОКН двух других названных механизмов — корковых центров рефлекторной и произвольной фиксации — обнаруживается соответственно в «сдерживающем» влиянии фиксационной точки, пропорциональном ее физической силе, и в необходимости произвольной фиксационной установки для возникновения ФОКН (как уже говорилось, при установке проследить контрасты на смену ФОКН приходит ОКН).

Изложенное представление о механизмах ФОКН не совпадает с точкой зрения Л. Старка (Stark, 1971). Как уже отмечалось, этот автор считает, что дрейфы ФОКН обеспечивают коррекцию положения глаз относительно фиксируемой точки. Такому предположению противоречит факт значительного усиления дрейфов ФОКН при выключении фиксационной точки, т. е. в условиях, когда их корригирующая функция должна, наоборот, ослабиться.

Мы не думаем, однако, что исправление положения глаз невозможно за счет плавных движений. Выше неоднократно описывались случаи «активного», т. е. целесообразного, дрейфа (см. § 1.4, 1.5, 3.1 и др.). Возможно, что и при фиксации точки в медленных фазах ФН и ФОКН присутствуют элементы корректирующего дрейфа. Однако они могут быть лишь высокоуровневыми «наслоениями» на шумовые дестабилизирующие дрейфы, которые вызываются активностью субкортикального центра и еще более усиливаются под влиянием оптокинетической стимуляции.

Факты не позволяют согласиться также и с предположением Л. Старка о том, что скачки ФОКН представляют собой ориентировочную реакцию на движущиеся полосы. Во-первых, испытуемые в наших опытах часто не замечали движения фона. На вопрос после опыта: «В какую сторону двигались полосы?» — они

нередко отвечали, что не заметили, двигались ли полосы вообще. Во-вторых, ориентировочная реакция по мере продолжения опыта должна угасать и, следовательно, скачки ФОКН должны становиться реже, чего в опытах никогда не наблюдалось. Наконец, предлагаемое объяснение вообще не подходит к скачкам ФН, т. е. к аналогичным движениям в отсутствие движущихся полос.

Выше (см. § 1.1) уже шла речь о возможной природе скачков ФН. Мы считаем возможным распространить это объяснение и на быстрые фазы ФОКН. Последние можно рассматривать как результат периодического возобновления зрительного контроля в ходе решения задачи. Поскольку в данном случае речь идет о фиксационной задаче, то каждый скачок ФОКН является следствием очередной проверки строгости фиксации. Попробуем, исходя из этой интерпретации, объяснить описанные свойства скачков ФОКН.

Латеральную асимметрию скачков (если она наблюдается) можно рассматривать как следствие асимметрии дрейфов: поскольку при каждой проверке глаза центрируются относительно точки фиксации, то направление скачка должно определяться положением глаз к моменту наступления скачка, т. е. направлением предшествующего дрейфа.

По-видимому, центральное положение глаз в орбите характеризуется не точкой, а зоной. Поэтому в результате скачка линия взора может установиться нестрого на фиксируемой точке, а затем скорректироваться плавным дрейфом. Этим и можно объяснить описанные Л. Старком случаи несоответствия амплитуды быстрой фазы ФОКН амплитуде предыдущего дрейфа и противоположные случаи соответствия амплитуды дрейфов величине предыдущего скачка. Значительно меньшую частоту скачков ФОКН при движении полос в направлении, противоположном дрейфам ФН, равно как и их большую частоту при совпадении направлений дрейфов и движущихся контрастов, можно объяснить влиянием на частоту проверок успешности решения фиксационной задачи. В первом случае это решение проходит в благоприятных условиях «погашения» оптокинетической стимуляцией дестабилизирующего действия низкоуровневых дрейфов, в результате чего реже возникает необходимость в про-

верке и коррекции. Во втором случае дестабилизирующее действие дрейфов, наоборот, усиливается, и в результате возникает необходимость в частых проверках и коррекциях.

Подведем итоги. При задаче фиксировать точку на фоне движущихся контрастов наблюдаются произвольные движения глаз — фиксационный оптокинетический нистагм (ФОКН). Он отличается как от фиксационного нистагма (ФН), так и от оптокинетического нистагма (ОКН). Характеристики ФОКН зависят от соотношения направления асимметрии дрейфов ФН и движущихся контрастов. При совпадении этих направлений ФОКН имеет вид «раскаченного» ФН, при противоположных направлениях — вид «подавленного» ФН.

Характерная особенность ФОКН — отсутствие зависимости скорости медленных фаз от скорости движения контрастов. Это заставляет предположить в основном субкортикальную природу его медленных фаз (дрейфов). Влияние физических характеристик точки на медленные фазы ФОКН, выражающиеся либо в увеличении скорости и амплитуды дрейфов (при уменьшении размеров и яркости точки), либо в уменьшении обоих параметров (при увеличении размеров и яркости точки), обнаруживает участие в формировании ФОКН затылочного оптомоторного центра. Роль лобного глазодвигательного центра определяется необходимостью принятия произвольной установки фиксировать точку для возникновения ФОКН.

Быстрые фазы ФОКН, а также ФН можно рассматривать как следствие периодического возобновления контроля за решением задачи. Их ранние генетические формы — макроскачки, «разбивающие» на микроэтапы решение зрительных задач. Быстрые фазы приводят к «центрации» зрительной оси относительно выбранного направления, следствием чего может быть коррекция положения взора на точке фиксации. Однако такая коррекция может осуществляться и в режиме дрейфа, накладывающегося на низкоуровневый дрейф субкортикального центра.

§ 4.2.

ФОКН ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ РАЗНЫХ МОДАЛЬНОСТЕЙ

Выяснение основных характеристик, свойств и механизмов ФОКН позволило перейти к основной задаче — изучению зависимости этого вида движений глаз от содержательных характеристик зрительного процесса. Первоначально мы пошли по пути грубых вариаций степени зрительной активности, определяемых модальностью задачи (Гиппенрейтер, Романов, 1970; Романов, 1971).

Повседневные факты показывают, что уровень зрительной активности, или зрительного внимания, значительно понижается при переходе от зрительных видов деятельности — чтения, наблюдения, рассматривания к незрительным — слушанию, припоминанию, размышлению. Эти факты и определили методику излагаемых ниже экспериментов. Их целью было выяснить, сказывается ли степень «пристальности» зрительного внимания на моторной напряженности фиксаций.

Испытуемым предлагались *зрительные, слуховые и умственные задачи*.

Одним из вариантов *зрительных задач* была регистрация изменений цвета световой точки. С помощью цветных фильтров (красного, зеленого, желтого), помещавшихся на пути луча точечного осветителя, цвет точки менялся в случайной последовательности и с нестрогой периодичностью (примерно один раз в 5—15 с). Испытуемый должен был отмечать моменты смены цвета нажатием на кнопку. Другим вариантом зрительной задачи было сосчитывание изменений цвета точки.

Слуховые задачи состояли либо в распознавании слов, произносимых шепотом, либо в обнаружении звуковых сигналов (щелчков) на фоне шума.

В порядке решения *умственных задач* испытуемым предлагались арифметические действия. Им давались исходные числа и способ действия с ними (например, производить последовательные вычитания из 383 по 7).

В особых пробах предлагались задачи, допускавшие *визуализацию* объекта мыслительных действий. Одной из них была задача на «распиливание» цветного куба и подсчет получившихся кубиков с различным числом окрашенных сторон (Уолтер, 1966).

При предъявлении слуховых и умственных задач испытуемым давалась дополнительная инструкция фиксировать световую точку на экране, по которому двигались вертикальные черно-белые контрастные полосы. При предъявлении зрительных задач такая дополнительная инструкция не требовалась, так как световая точ-

ка была объектом целенаправленных действий испытуемых и в ходе решения задачи они неизбежно фиксировали ее.

Физические свойства зрительной стимуляции сохранялись неизменными: черно-белые полосы двигались со скоростью $3^\circ/\text{с}$, неподвижная точка была средней яркости (размер $6-7'$).

Каждый опыт начинался с записи «фонового» ФОКН: испытуемому предлагалось просто фиксировать точку на фоне движущихся контрастных полос. Направление их совпадало с направлением дрейфов ФН для данного испытуемого. Затем испытуемый переходил к решению основной задачи.

Остановимся на основных результатах. Прежде всего заметим, что изменение задачи действительно влияло на уровень или интенсивность зрительного внимания. Если при наблюдении цвета точки внимание испытуемых, по их словам, было «буквально приковано» к точечному стимулу (особенно в моменты ожидания очередной смены цвета), то при простой фиксации та же точка воспринималась как бы более формально, поскольку испытуемым зрительно «нечего было с ней делать»; при решении же слуховых или умственных задач внимание полностью «уходило» из зрительной сферы. О степени ослабления зрительного внимания свидетельствуют случаи, когда на вопрос: «Не мешали ли движущиеся полосы?» — испытуемые отвечали, что не заметили, были ли вообще на экране полосы.

Перейдем к записям движений глаз. На рис. 32 приведены образцы записей ФОКН одного из испытуемых при решении зрительной, умственной и слуховой задач в сравнении с «фоновым» ФОКН (т. е. ФОКН при решении только фиксационной задачи). В табл. 4—2 даны количественные результаты по четырем испытуемым.

Данные таблицы представляют собой средние значения (M) длительности и амплитуды дрейфов ФОКН, подсчитанные по 6—8 опытам (в сумме — 600—800 циклов ФОКН для каждого испытуемого). Для каждой задачи приведены значения параметров «фонового» ФОКН (M_1). Даны также сравнения параметров дрейфов ФОКН в каждой задаче с теми же параметрами «фонового» ФОКН (M_2-M_1).

Записи на рис. 32 и данные табл. 4—2 обнаруживают закономерные изменения ФОКН при переходе от простой фиксации точки к решению задачи каждого класса. Решение зрительных задач характеризуется увеличением продолжительности циклов и уменьшением амплитуды медленных фаз, соответственно уменьше-

СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ (t)
И АМПЛИТУДЫ (l) ДРЕЙФОВ ФОКН
ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ РАЗНЫХ МОДАЛЬНОСТЕЙ
(результаты первой серии)

Испытуемые	Фоновый ФОКН, M_1	Зрительные задачи, M_2	M_2-M_1	Фоновый ФОКН, M_1	Умственные задачи, M_2	M_2-M_1	Фоновый ФОКН, M_1	Слуховые задачи, M_2	M_2-M_1
				t (мс)					
Б. А.	1488	1776	288**	1488	1224	—264*	1368	1272	—96*
Л. П.	1152	1584	432**	1176	1128	—48	960	912	—48
А. П.	1032	1464	432**	984	840	—144**	1008	1032	24
М. Л.	1056	1176	120**	1176	936	—240**	1080	960	—120**
				l (угл. мин)					
Б. А.	26	19	—7**	30	30	0	26	30	4*
Л. П.	18	14	—4**	21	25	4**	20	22	2
А. П.	15	16	1	18	23	5**	18	17	—1
М. Л.	20	17	—3**	25	29	4**	17	17	0

*) $p < 0,01$.**) $p < 0,001$.

нием их скорости; ФОКН приобретает значительно более «выпрямленный» характер. Для решения незрительных задач характерны противоположные изменения: уменьшение длительности циклов, увеличение амплитуды и скорости медленных фаз. При этом в умственных задачах названные тенденции выражены сильнее, чем в слуховых.

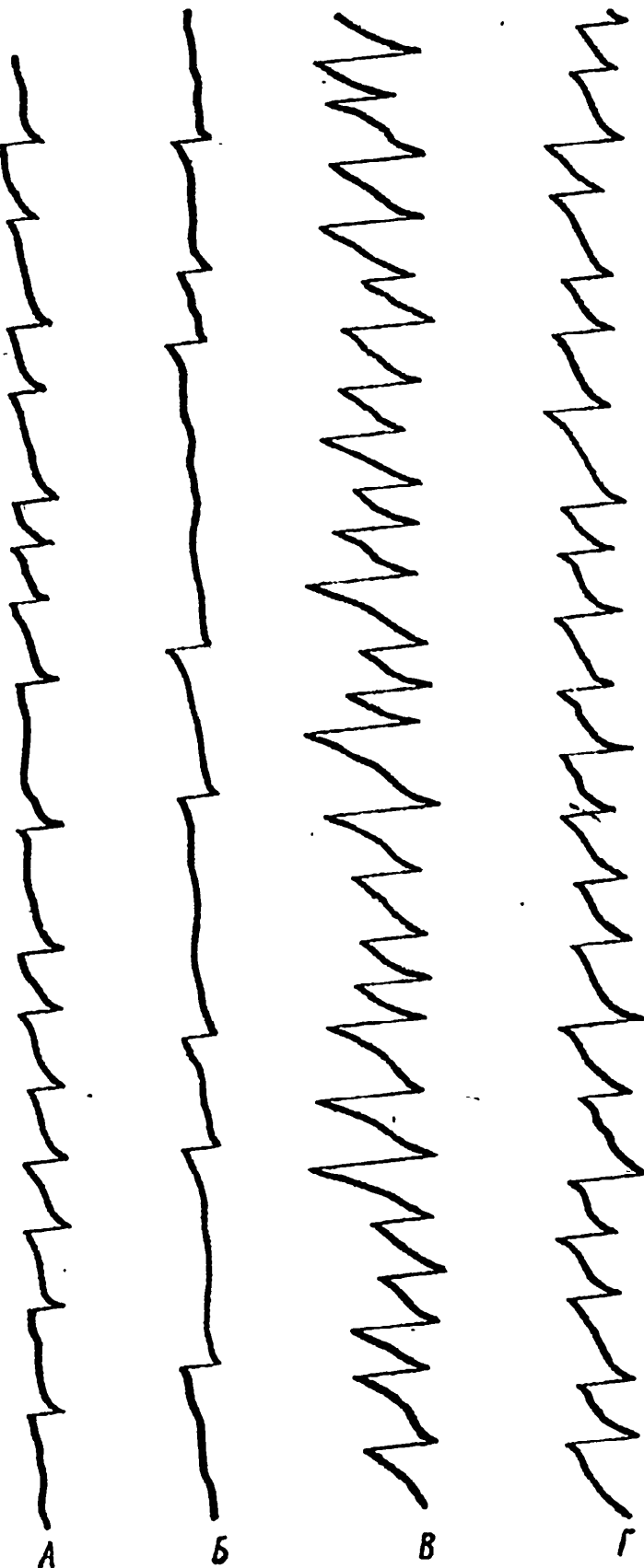
Интересные результаты дали пробы с задачей «Кубик». По способу ее решения испытуемые разбились на две группы. Одни отчетливо зрительно представляли себе кубик и действия с ним. Так, испытуемая М. Л. «увидела» даже опилки, которые «сыпались» при распиливании кубика. Испытуемая той же группы (Р. Л.) в начале решения стала в тупик, так как представила себе кубик из пластмассы, который после распиливания оказался пустым. Другая группа решала задачу в логическом плане без использования зрительных образов.

Рис. 32. Записи ФОКН при решении различных задач:

А — фиксация точки («фондовый» ФОКН); Б — зрительная задача; В — умственная задача; Г — слуховая задача. Испытуемая М. Л., левосторонняя

Указанным способам решения соответствовали различные типы ФОКН. На рис. 33 приведены образцы записей ФОКН у представителей каждой из описанных групп. Записи показывают, что способ решения, опирающийся на визуализацию, сопровождается «зрительным» ФОКН, решение в логическом плане — «умственным» ФОКН (ср. с рис. 32). Статистическая обработка показала значимость описанных различий.

Дополнительное подтверждение того же результата было получено в особых пробах с испытуемым А. К. Этот испытуемый в течение нескольких лет тренировал способность к визуализации и добился исключительных успехов. Ко времени экспериментов он мог удерживать образ целой страницы и «считывать» с нее текст. Эту способность он использовал и для решения умственных задач. При решении задачи «Кубик» у него оказался, конечно, «зрительный» ФОКН. Но, к нашему удивлению, такой же тип ФОКН он обнаружил и при реше-



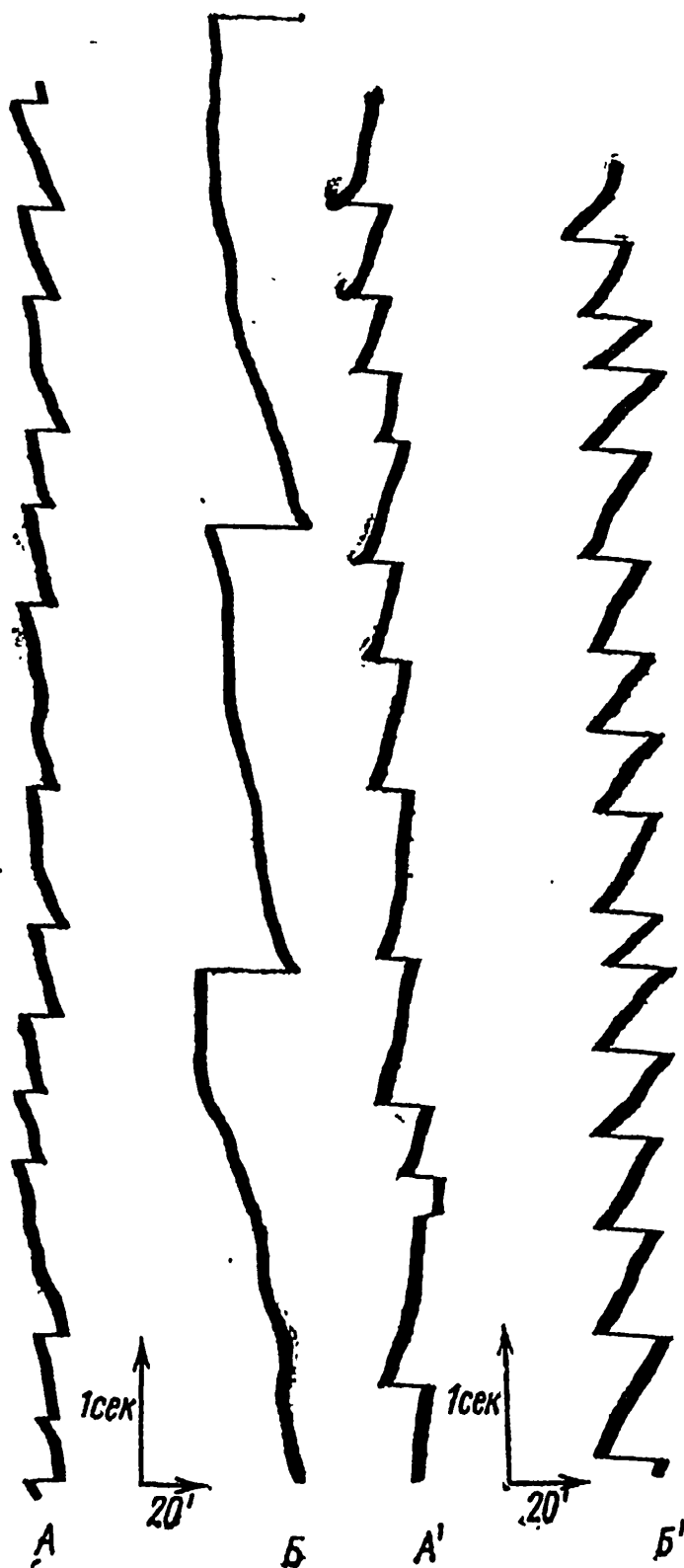


Рис. 33. Записи ФОКН при решении задачи «Кубик»:

А — фоновый ФОКН; Б — ФОКН при решении задачи с визуализацией. Испытуемая М. Л., левосторонняя.

А' — фоновый ФОКН; Б' — ФОКН при решении задачи логическим способом. Испытуемая Л. П., правосторонняя

нии арифметических примеров — умножении трехзначных чисел на двузначные, в то время как все остальные испытуемые при этой задаче показали «умственный» ФОКН. После беседы с испытуемым выяснилось, что он решал примеры, визуализируя числа и используя прием умножения «столбиком», как мы обычно делаем это на бумаге: он умножал первое число на каждую цифру второго, «записывал» результат в строчку и затем складывал цифры в строчках по вертикали. Это ему не составляло труда, так как он мог «видеть» все цифры одновременно. Просьба производить вычисления в уме способом, обычно

применяемым при устном счете, приводила либо к неверному ответу, либо к отказу испытуемого от задачи. Нужно добавить, что у этого испытуемого ФОКН при слуховых и зрительных задачах был таким же, как и у остальных испытуемых.

При организации экспериментов мы исходили из феноменологического понятия «зрительное внимание» и пытались найти объективные корреляты степени его

напряженности в особенностях функционирования глазной моторики. Этот поиск оказался успешным: ФОКН при усилении внимания к зрительному объекту становился сдержанным, напротив, при отвлечении внимания от зрительного поля он закономерно усиливался.

Перейдем к анализу описанных фактов с позиции теории деятельности, что, на наш взгляд, необходимо для понимания причин не только каждого из описанных явлений — динамики зрительного внимания и динамики ФОКН, но и закономерной связи между ними.

Деятельность испытуемых в наших опытах была объектом непосредственного управления со стороны экспериментатора. Меняя задачу, мы меняли содержание и структуру деятельности испытуемых, в частности функциональное место, которое занимают в ней собственно зрительные и глазодвигательные компоненты. Когда испытуемый получал задачу «фиксировать точку», то видение точки было условием или операцией двигательного по своей природе действия — фиксации глаз. При переходе к слежению за изменением цвета точки зрительные акты — регистрация цвета, констатация его неизменности, обнаружение его изменений и т. п. — становились основными действиями, а фиксация глаз — вспомогательной двигательной операцией, обеспечивающей это действие благодаря удержанию проекции точки в фовеа. Наконец, при решении слуховых и умственных задач инструкцией задавалось как бы двухслойное строение деятельности: одновременно с решением основной задачи испытуемые должны были фиксировать точку. При этом, однако, слуховым (или умственным) действиям принадлежала ведущая роль: во-первых, в конце опыта требовался отчет об их результатах; во-вторых, они были несравненно более содержательными. Таким образом, в этом случае фиксацию точки можно было охарактеризовать как второстепенное действие или даже как второстепенный, «фоновый» акт. Если же говорить о зрительном процессе видения точки, то его приходится переместить еще более вглубь от уровня «основных образующих», поскольку он выступает как процесс, обслуживающий само по себе второстепенное действие.

Итак, переход от простой фиксации точки к зрительной задаче означал в наших опытах повышение

ранга зрительного процесса — превращение его из операции в действие. Напротив, переход от простой фиксации точки к одновременному решению слуховой или умственной задачи означал понижение ранга того же процесса — сведение его функции до афферентации второстепенного действия. Эти структурно-функциональные перестройки в плане деятельности имели своим субъективным коррелятом уже описанную динамику зрительного внимания.

Открытие связи свойств и динамики внимания со строением деятельности человека принадлежит преимущественно советским авторам (Добрынин, 1959; Рубинштейн, 1946; Леонтьев, 1965). В их работах показано, что в фокусе внимания всегда находится содержание, релевантное цели действий. Процессы же, имеющие второстепенную или обслуживающую роль, остаются на периферии внимания или вовсе за его пределами. Нетрудно видеть, что описанные отношения между изменением строения деятельности и динамикой зрительного внимания у наших испытуемых вполне отвечают этим общим закономерностям.

Анализ строения деятельности испытуемых позволяет также лучше понять описанные изменения ФОКН. По-видимому, за этими изменениями стоят перестройки мозговых механизмов, управляющих фиксационными движениями глаз.

В общем виде изменения механизмов или уровней построения движений при изменении задачи или «смыслового содержания» действий были показаны в работах Н. А. Бернштейна (1945, 1947), а также А. Н. Леонтьева и А. В. Запорожца (1945). Однако это касалось движений скелетной мускулатуры и собственно двигательных задач. По отношению к движениям глаз и их связи с перцептивными или другими познавательными задачами такие факты являются достаточно новыми.

Можно предположить, что физиологическая природа описанных вариаций ФОКН состоит в изменении активности высших корковых центров тонической системы глаз. Известно, что эти центры в случае повышения их активности оказывают тормозное действие на низкоуровневые структуры тонической системы глаз (Матюшкин, 1972), которые в нашем случае были представлены дрейфами ФОКН.

В качестве главного итога изложенных экспериментов нами был сформулирован принцип, условно названный *принципом зрительно-тонического параллелизма*: зрительным процессам более высокого деятельностного ранга соответствует более высокий уровень организации тонической активности глаз. Этот принцип был выдвинут как предварительная гипотеза, нуждающаяся в дальнейшей проверке. Такая проверка была организована по двум различным направлениям.

Одно из них составило исследование влияния места зрительного процесса в структуре деятельности на параметры динамической фиксации (см. § 4.3). Организуя это исследование, мы исходили из того соображения, что вариация исследуемого материала является важным средством уточнения и проверки предполагаемых закономерностей.

Другое направление составило исследование (на материале ФОКН) моторно-тонических следствий более тонких изменений зрительного процесса — изменений, которые наблюдаются в пределах решения только зрительных задач (см. § 4.4). Перейдем к изложению этих исследований в названном порядке.

§ 4.3.

УРОВНИ СЛЁДЯЩИХ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ РАЗНЫХ МОДАЛЬНОСТЕЙ

Результаты, полученные при исследовании влияния модальности деятельности на параметры ФОКН (см. § 4.2), заставили предположить, что механизмы фиксационных движений глаз находятся в тесной зависимости от деятельностного ранга и свойств зрительного перцептивного процесса. Задачей излагаемых ниже экспериментов было проверить этот результат на динамической фиксации (Гиппенрейтер, Смирнов, 1971; Смирнов, 1973).

На этом новом материале мы надеялись получить другой, более непосредственный способ выявления работы фиксационных механизмов. Когда глаза стоят на месте, фиксируя точку, механизмы, обеспечивающие

организацию и управление их *позной* активностью, плохо или совсем не обнаруживаются во внешних параметрах: статическая фиксация имеет для этого слишком мало «степеней свободы». Именно поэтому при исследовании статической фиксации пришлось прибегнуть к особому тестированию глаз движущимся фоном. Динамическая же фиксация имеет важные дополнительные характеристики: скорость и направление движения, определяющие точность прослеживания. Можно было предположить, что изменения в организации следящих движений отразятся на этих внешних характеристиках и, следовательно, смогут быть непосредственно выявлены объективной регистрацией.

В основных опытах испытуемый помещался перед экраном, по которому слева направо непрерывно двигался зрительный объект. Как только объект исчезал за правым краем экрана, он сразу же появлялся из-за левого края. Величина экрана по горизонтали составляла 12° или 18° , величина объекта — от $0,8$ до 3° . Скорость движения объекта менялась в различных опытах от 1 до $18^\circ/\text{с}$, всегда оставаясь постоянной в одном опыте.

В качестве объектов использовались: а) арифметический пример, записанный в столбик; б) куб с пронумерованными гранями; в) цифровая таблица; г) столбик из 6 букв, образующих бессмысленное сочетание. По отношению к этим объектам испытуемым предлагалось выполнить задачи трех категорий: «преимущественно зрительные», «преимущественно умственные» и «смешанные».

К зрительным задачам относились следующие:

1) мысленно повернуть куб вокруг одной из осей на 90 или 180° и определить положение каждой пронумерованной грани после поворота;

2) отыскать все вертикальные и все горизонтальные цифры в таблице, придерживаясь для каждой категории цифр заданной последовательности. Использовался простой алгоритм поиска, описанный для аналогичной задачи Ф. Д. Горбовым (1964): испытуемому давалась инструкция поочередно искать «вертикальные» цифры в восходящем порядке и «горизонтальные» — в нисходящем.

Очевидно, что при решении этих задач испытуемые были вынуждены непрерывно обращаться к зрительному объекту.

К преимущественно умственным задачам относились следующие:

3) придумать и удержать в памяти 10 слов, имеющих заданные начальную и конечную буквы среди других в столбце, предъявленном зрительно;

4) решить арифметическую задачу на смекалку, содержащую в исходных условиях два числа. Задача сообщалась устно, числа же предъявлялись зрительно.

Можно заметить, что основная часть работы при решении «умственных» задач должна была происходить во внутреннем или умственном плане. «Удельный вес» зрительных компонентов был незначителен и приблизительно одинаков в обеих задачах: в каждом

случае требовалось зрительно воспринять два простых знака — буквы или цифры.

Смешанную категорию составили следующие задачи:

5) решить пример, предварительно преобразовав каждое число по определенному правилу;

6) отыскать в таблице все вертикальные и все горизонтальные цифры по сложному алгоритму. При сложном алгоритме испытуемый должен был учитывать еще и параметр четности цифры: вертикальные нечетные нужно было отыскивать в восходящем порядке, а вертикальные четные — в нисходящем; горизонтальные же цифры наоборот: нечетные — в нисходящем порядке, а четные — в восходящем. Некоторым испытуемым предлагался еще более усложненный алгоритм этой задачи.

Таким образом, деятельность при решении смешанных задач включала в себя как зрительные, так и умственные компоненты.

В начале или в конце каждого опыта испытуемого просили тщательно проследить какую-нибудь мелкую деталь того же движущегося объекта, что позволяло сравнить движения глаз при простом слежении по инструкции и при выполнении других задач.

Опыты проводились в условиях бинокулярного зрения. Движения правого глаза записывались фотооптическим методом. Луч от зеркала присоски проецировался на экран, представляющий собой открытую фотобумагу. В результате плавные движения глаз регистрировались в виде наклонных линий. Угол наклона, образованный этими линиями с горизонтальной плоскостью, отражал скорость движения глаза. Специальное устройство позволяло регистрировать на той же фотоленте положение и движение объекта, а также оценивать положение объекта относительно центра фовеа, т. е. его положение в поле зрения.

В экспериментах участвовали 12 испытуемых в возрасте от 17 до 28 лет с нормальным зрением. Пяти испытуемым давалась первая задача, семи другим испытуемым — вторая — шестая задачи. Всего было проведено более 100 опытов.

Практически у всех испытуемых движения глаз при выполнении прямой инструкции «проследживать объект» и при решении других задач носили существенно разный характер. Во втором случае наряду с точными прослеживаниями (рис. 34,В) отмечались периоды плавных движений глаз, которые нельзя назвать прослеживающими в собственном смысле этого слова, так как они не обеспечивали следования глаза за объектом и удержания последнего в центральном поле зрения. Было зарегистрировано два типа неточных следящих движений: I тип — движения глаз, скорость которых значительно меньше скорости объекта (в некоторых случаях она постепенно падала до нуля) (рис. 34,А); II тип — циклические движения глаз, точно воспроизводящие скорость объекта, но гораздо меньшей амплитуды. Появление движений второго типа приводило к тому, что одному прохождению объекта по экрану со-

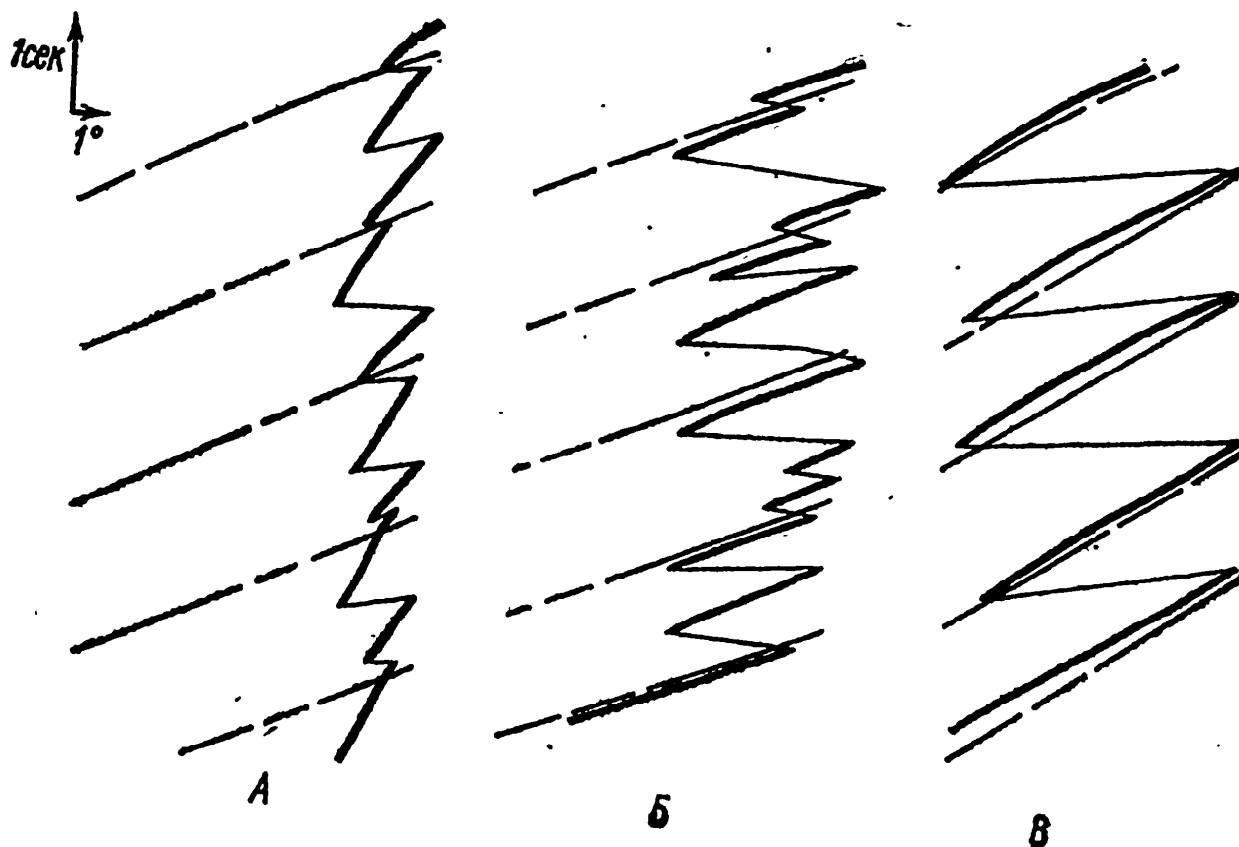


Рис. 34. Типы следящих движений глаз:

А — неточные следящие движения, I тип; Б — неточные следящие движения, II тип; В — точные следящие движения, III тип.
Жирные линии — записи движения глаз; тонкие линии — записи движения объекта,

ответствовал не один, а несколько циклов плавных движений глаз (рис. 34,Б). Понятно, что в этой ситуации попадание проекции объекта на фовеа могло иметь место лишь в одном из указанных циклов, во время же остальных циклов объект проецировался на различные участки периферии сетчатки. Обращает на себя внимание полное отсутствие мелких поправочных скачков в медленных фазах обоих типов неточных следящих движений.

Следующий важный факт состоит в том, что в различных задачах время, в течение которого наблюдались описанные типы движений, существенно варьировало. Следящие движения I типа встречались реже, чем движения II типа. Между частотой возникновения движений обоих типов в разных задачах обнаружилась тесная корреляционная связь ($\rho = +0,83$), т. е. в задачах, где «удельный вес» следящих движений II типа был выше, чаще встречались и движения I типа.

Таблица 4—3

ПОКАЗАТЕЛИ СУММАРНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ СЛЕДЯЩИХ ДВИЖЕНИЙ
ГЛАЗ ТРЕХ ТИПОВ В % К ВРЕМЕНИ ВСЕГО ОПЫТА
ПРИ РАЗНЫХ ЗАДАЧАХ

(средние данные по всем испытуемым)

Категория задачи	Задача	I	II	III
Глазодвигательная	Слежение по инструкции	1,3	4,5	94,2
Зрительная	Поворот куба	1,4	3,9	94,7
	Поиск цифр по простому алгоритму	1,0	6,5	92,5
Смешанная	Поиск цифр по сложному алгоритму	2,9*	12,5**	84,6**
	Решение арифметического примера	4,0*	17,3**	78,7**
Умственная	Придумывание слов	15,1***	20,9***	64,0***
	Задача на смекалку	23,1***	25,1***	51,8***

Знаки *, **, *** означают, что отличия данных показателей при решении задачи от соответствующих показателей при слежении по инструкции достоверны с уровнем значимости: $\alpha < 0,05$; $\alpha < 0,01$ и $\alpha < 0,001$ соответственно (использовался критерий Стьюдента).

В сводной табл. 4—3 представлены результаты, отражающие суммарную длительность периодов, в течение которых наблюдались следующие движения глаз каждого из трех типов.

Данные таблицы показывают прежде всего существенные различия между зрительными и умственными задачами. Решение первых происходит практически в том же глазодвигательном режиме, что и простое прослеживание объекта. Решение же умственных задач сопровождается заметным увеличением длительности неточных плавных движений, т. е. движений I и II типов. При этом в задаче на смекалку, требующей большей умственной нагрузки, эта тенденция выражена сильнее. Промежуточное положение по данным таблицы занимают задачи смешанного типа.

Таким образом, приведенные результаты обнаруживают следующие общие закономерности. Внимательная зрительная работа с движущимся объектом сопровож-

дается точными прослеживающими движениями глаз (III тип). Переход к незрительным видам деятельности (вербальным, интеллектуальным и т. п.) приводит к появлению неточных плавных движений (I и II типов). Время, занимаемое неточными следящими движениями, пропорционально степени умственной нагрузки. При этом сначала увеличивается «удельный вес» движений II типа, а затем — движений I типа.

Полученные данные позволяют высказать предположение, что в описанных движениях I, II и III типов мы имеем дело с уровнями построения следящих движений глаз, аналогичных уровням построения движений, описанных Н. А. Бернштейном (1947).

В порядке обсуждения и проверки этого предположения был поставлен ряд дополнительных экспериментов, а также проведен дополнительный анализ литературных данных.

Задача одной из дополнительных серий определилась тем фактом, что описанные движения трех типов были получены в условиях повторяющегося поступательного движения объекта, т. е. в ситуации, аналогичной той, которая используется для вызывания оптокинетического нистагма. В результате выделенные типы следящих движений и уровни их регуляции могли оказаться различными типами и уровнями нистагма, а не следящих движений вообще. Поэтому для проверки степени общности вывода необходимо было убедиться в существовании уровневых признаков следящих движений, не совпадающих по внешнему рисунку с нистагмом. Для этой цели были выбраны возвратно-поступательные движения объекта.

Испытуемому предлагалось решать арифметический пример, изображение которого перемещалось в горизонтальном направлении по синусоидальному закону с частотой 0,4—0,6 гц. Всего было проведено 15 опытов на 7 испытуемых.

Результаты экспериментов показали наличие тех же типов следящих движений. Наряду с точным прослеживанием (рис. 35,В) наблюдались участки движения, когда глаза полностью воспроизводили скорость объекта и ее предсказуемые изменения, хотя объект проецировался на периферию сетчатки (рис. 35,Б), а также участки движений, воспроизводящих только направление движения (рис. 35,А).

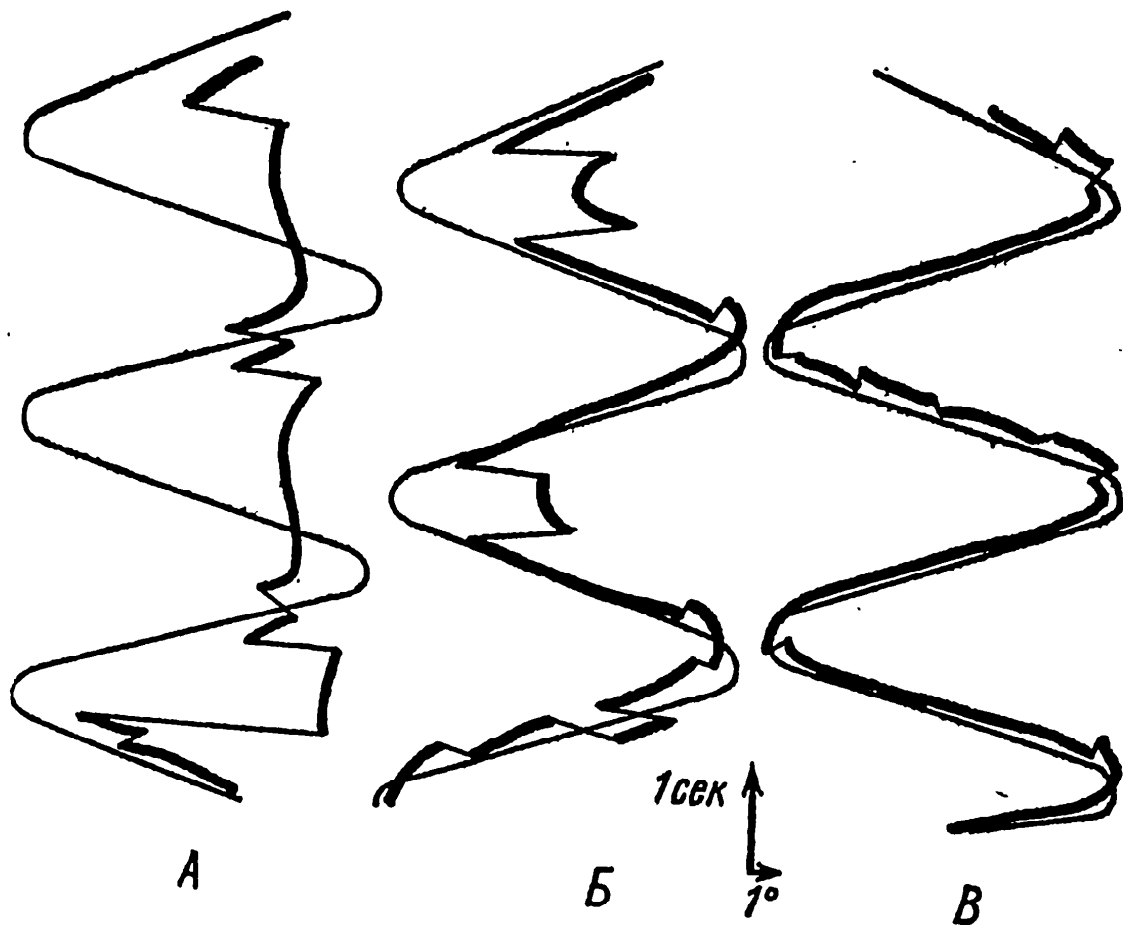


Рис. 35. Типы следящих движений глаз при возвратно-поступательном движении объекта:

А — неточные следящие движения, I тип; Б — запись с участками неточных следящих движений, II тип; В — точные следящие движения, III тип. Правильные синусоиды — движение объекта

Перейдем к анализу движений каждого типа.

Движения I типа, как уже говорилось, представляют собой плавные движения, скорость которых не соответствует скорости объекта и, как правило, меньше последней. Они не сопровождаются мелкими поправочными скачками. Как следствие, для этих движений характерно отсутствие «привязки» глаз к движущемуся объекту. Единственный параметр, который воспроизводится в движениях I типа, — это направление движущегося объекта.

В предыдущих параграфах (см. § 1.2, 4.1) мы уже описывали условия, при которых возникают плавные движения, обладающие перечисленными свойствами. Напомним их. При слежении за целью, совершающей колебательные движения с большой скоростью, скорость плавных движений оказывается значительно меньше (Ярбус, 1965; Дришель, 1966). Отставание глаз от объекта наблюдается в медленных фазах оптокинетическо-

го нистагма начиная со скоростей 20—30°/с и особенно сильно нарастает при скоростях, больших 60°/с (Тег-Враак, 1936; А. Р. Шахнович, В. Р. Шахнович, 1964; Кисляков, Неверов, 1966). В § 1.2 были описаны своеобразные «зубцы» — короткие, прерывающиеся возвратными скачками участки прослеживания в начале каждой медленной фазы оптокинетического нистагма (ОКН). Скорость этих плавных движений меньше скорости объекта и ступенчато увеличивается в каждом следующем «зубце» вплоть до совпадения со скоростью объекта к началу медленной фазы нистагма.

Перечисленными свойствами обладают медленные фазы ФОКН: было показано, что по скорости и амплитуде они не зависят от движущихся контрастов и совпадают с последним лишь по направлению.

Сходный тип движений был получен в специальных дополнительных экспериментах.

Испытуемого просили прослеживать движущийся объект, который проецировался на периферическую часть сетчатки (в области 8—14° от центра фовеа). Предъявление объекта было организовано таким образом, что всякая попытка испытуемого посмотреть прямо на объект приводила к исчезновению объекта.

Результаты экспериментов приведены в табл. 4—4.

Т а б л и ц а 4—4

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАВНЫХ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ
ПРИ ПРОСЛЕЖИВАНИИ ОБЪЕКТА ПЕРИФЕРИЕЙ СЕТЧАТКИ

Испытуе- мые	Скорость		Амплитуда		Направление	
	объекта	глаз	объекта	глаз	объекта	глаз
С. В.	18°	15'	6°	24'	Совпадение по обоим горизонтальным направлениям	
П. А.	18°	40'	6°	64'		
Т. А.	18°	27'	6°	40'		

Из таблицы видно, что плавные движения, вызываемые с периферических участков сетчатки, обладают свойствами движений I типа.

Из перечисленных условий возникновения движений I типа видно, что эти движения носят произвольный характер: они возникают либо при расстройстве или неуспехе произвольных усилий, либо вопреки им.

Плавность, метрическая неоформленность, произвольность движений I типа заставляют отнести их к

элементарным рефлекторным актам, напоминающим по своим свойствам движения палеокинетического уровня «А» (Бернштейн, 1947). Эксперименты с отслеживанием периферией сетчатки позволяют добавить к перечисленным признакам низкоуровневой природы этих движений еще один, морфологический. Как известно, периферия сетчатки не представлена во вторичных и третичных полях зрительной коры (18 и 19, по Бродману). Следовательно, центр движений I типа можно локализовать, по крайней мере, не выше 17 поля; однако сходство этих движений с субкортикальной формой нистагма (наблюдающейся в том числе и при декортикации животного) заставляет предположить еще более низкую, подкорковую их локализацию.

Движения I' типа точно воспроизводят скорость объекта, но не обеспечивают строгого соотнесения глаз с положением объекта. Для этих движений, так же как и для движений I типа, характерно отсутствие небольших поправочных скачков.

Анализ движений II типа проливает дополнительный свет на механизмы следящих движений глаз. Выше приводилась высказываемая К. Рэшбассом и другими авторами концепция существования двух различных механизмов, обеспечивающих динамическую фиксацию: 1) вызываемые движением проекции объекта по сетчатке плавные движения, которые точно воспроизводят скорость объекта на основе ее предварительной оценки; 2) поправочные скачки, сигналом к запуску которых служит отклонение проекции объекта от центра фовеа. К. Рэшбасс показал независимость работы этих двух механизмов на начальной стадии прослеживающих движений. Но вопрос о самостоятельности этих механизмов оставался весьма гипотетичным, так как, во-первых, плавные движения без привязывания проекции объекта к фовеа наблюдались в опытах К. Рэшбасса лишь в течение непродолжительного времени, после чего обязательно наступал поправочный скачок; во-вторых, скорость плавных движений, регистрируемых до скачка, всегда была меньше скорости объекта. В наших же опытах были получены продолжительные плавные движения, точно воспроизводящие скорость объекта при отсутствии поправочных скачков и центрации глаз на объекте. Таким образом, удалось наблюдать работу первого гипотетического механизма, так

сказать, «в чистом виде», без наложения на его работу механизма скачков.

Уровень организации следящих движений II типа может быть сопоставлен с уровнем «В», по Н. А. Бернштейну. Эти движения уже оформлены по параметру скорости и обладают значительной динамической устойчивостью (их скорость точно выдерживается в течение длительных отрезков времени). В то же время в них отсутствует поправка на положение объекта в пространстве, которая характерна для следующего, более высокого уровня. Наконец, еще один признак: движения II типа носят полупроизвольный характер — они могут произвольно тормозиться, но не могут быть запущены в отсутствие движущегося стимула.

Для дополнительной проверки степени произвольности обсуждаемых движений была проведена специальная серия экспериментов.

Испытуемым давалась инструкция: проследить объект (арифметический пример), фиксируя воображаемую точку на определенном расстоянии впереди или позади него.

Оказалось, что испытуемые не могли в течение длительного времени выполнять эту инструкцию (рис. 36), местами, однако, появлялись участки движений, близких к движениям II типа. Процент движений II типа при попытке отслеживания эксцентричными участками сетчатки всегда был меньше процента движений III типа при фовеальном отслеживании (табл. 4—5). Эти результаты подтверждают положение о меньшей произвольности движений II типа по сравнению с точными следящими движениями.

Таблица 4—5

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ДЛИТЕЛЬНОСТЬ СЛЕДЯЩИХ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ
ВСЕХ ТРЕХ ТИПОВ В % КО ВРЕМЕНИ ВСЕГО ОПЫТА
ПРИ ПРОСЛЕЖИВАНИИ ОБЪЕКТА ЦЕНТРОМ ФОВЕА
И «НА РАССТОЯНИИ»

Задача	I тип	II тип	III тип
Отслеживание центром фовеа	1,0	4,7	94,3
Отслеживание объекта «на расстоянии»	38,7*	34,4*	26,9*

* $\alpha < 0,01$ (по Стьюденту).

Движения III типа — «классические», собственно прослеживающие движения, скорость которых соответствует скорости объекта, а наличие поправочных скачков обеспечивает удержание последнего в центральном зрении. Им также может быть найден аналог в движениях скелетной мускулатуры: это движения уровня «С». Согласно Бернштейну, на уровне пространственного синтетического поля «С» строятся прежде всего движения с ясно выраженным целевым характером, имеющие установку на точность и меткость. Иными словами, характерной чертой движений этого уровня является приспособленность к внешнему пространству, отсутствующая у движений нижележащих уровней. Этому уровню свойственна тесная связь эфферентных систем со зрительным анализатором, на нем впервые появляется возможность зрительного контроля движений. Все эти характеристики точно соответствуют особенностям следящих движений III типа. Мелкие поправочные скачки и макроскачки, входящие в их состав, обеспечивают постоянную соотнесенность положения глаз с положением объекта в пространстве.

Можно высказать ряд предположений о *взаимодействии уровней следящих движений* (в дальнейшем мы будем называть их уровнями I, II, III соответственно типу регулируемых движений).

Самый низкий уровень (I) как бы генерирует плавные движения глаз, которые соответствуют движению объекта разве только по направлению. Эти движения выступают как основной двигательный «фон», который

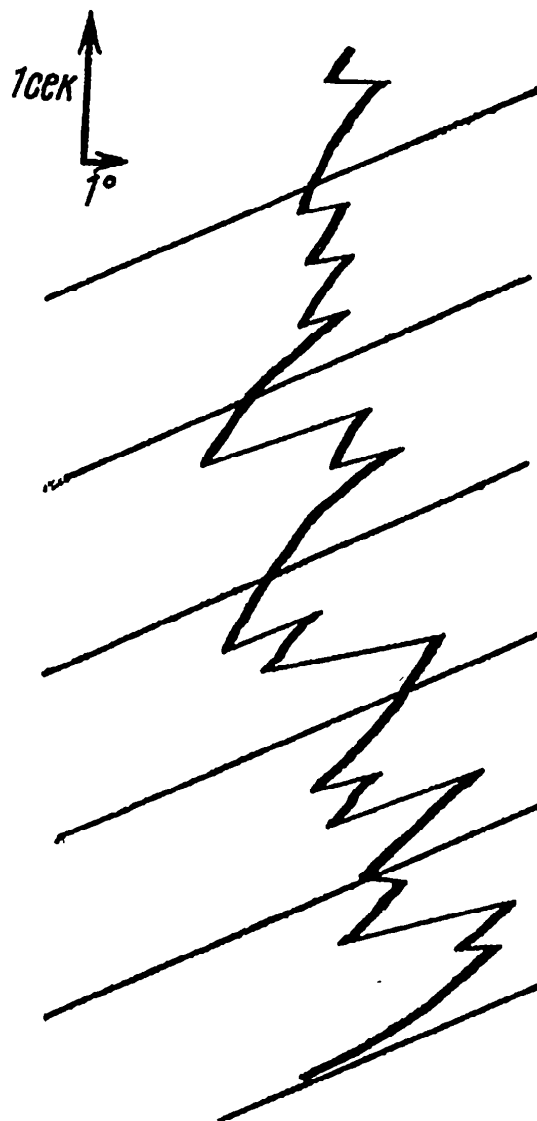


Рис. 36. Движения глаз при инструкции проследить объект «на расстоянии».

Наклонные прямые — движение объекта.

затем преобразуется вышележащими уровнями. Уровень II обеспечивает поддержание скорости плавных движений, равной скорости объекта. Наконец, уровень III при помощи поправочных скачков привязывает движущиеся в данном направлении и с требуемой скоростью глаза к положению объекта в пространстве, обеспечивая удержание последнего в центральном зрении. Именно этот уровень окончательно оформляет следящие движения глаз, придавая им тот вид, который можно наблюдать, в частности, при прослеживании точки по инструкции.

По мысли Н. А. Бернштейна, движения, строящиеся на уровне «В» (с которым мы соотнесли следящие движения II типа), афферентируются исключительно проприоцептивной системой. Возникает вопрос: не противоречит ли это тому факту, что движения II типа воспроизводят скорость объекта — параметр, который, безусловно, оценивается зрительной системой? Это противоречие можно разрешить, предположив следующее: оценка скорости объекта осуществляется сенсорным полем уровня III; этот уровень задает эталон скорости уровню II, а последний воспроизводит и поддерживает заданную скорость на основе проприоцепции до тех пор, пока уровень III не задаст новый эталон.

Известно, что в особых условиях влияние вышележащих уровней может быть отключено, и тогда наблюдается работа низших уровней как бы в чистом виде. В основных опытах мы наблюдали как раз этот эффект: отключение уровня III и обнажение двигательных фонов уровней II и I при решении задач (см. табл. 4—3). Это составило главный результат описанных экспериментов. Высокий коэффициент корреляции между длительностью следящих движений II и I уровней говорит в пользу того, что их появление связано с действием одного и того же фактора. Пользуясь феноменологической терминологией, его можно определить как ослабление зрительного внимания. Тот факт, что «удельный вес» следящих движений уровня I при решении задач данного типа был, как правило, меньше удельного веса следящих движений уровня II, указывает на чувствительность «механизма обнажения», нижележащих уровней к степени ослабления зрительного внимания: ведь большие степени отвлечения (сопровождающиеся движениями I уровня) случаются по

ходу решения задачи реже, чем меньшие (приводящие к движениям II уровня).

Полученные факты могут, на наш взгляд, быть объяснены изменением функционального места зрительных актов и вместе с ними движений глаз в структуре деятельности при смене задачи (ср. с анализом изменения ФОКН в § 1.3). Так, при решении зрительных задач зрительные процессы оказываются в ранге действий, а следящие движения выступают как средства их осуществления. В умственных же задачах зрительные акты выпадают из структуры основной деятельности и движения глаз разделяют в этом отношении их судьбу.

В итоге можно сказать, что исследование динамической фиксации подтвердило общий вывод о чувствительности тонической системы глаз к функциональному месту и роли зрительного процесса в деятельности. С усилением этой роли наблюдается параллельное усиление готовности тонической системы к фиксации движущегося объекта. Напротив, понижение функциональной роли зрения сопровождается ослаблением фиксационной установки, что выражается в «послойном» снятии координатной и затем скоростной привязки глаз к движущемуся объекту.

Описанные межуровневые переходы в системе следящих движений указывают на принципиальную возможность использовать регистрацию следящих движений глаз для выявления зрительных и незрительных периодов разнообразной по своему составу деятельности, а также для оценки степени внутреннего, умственного сосредоточения.

§ 4.4.

ЗАВИСИМОСТЬ ФОКН ОТ СВОЙСТВ ЗРИТЕЛЬНОГО ПЕРЦЕПТИВНОГО ПРОЦЕССА

Предыдущие эксперименты показали способность фиксационных движений глаз реагировать на те изменения зрительного внимания, которые вызываются сме-

ной модальности задачи. Однако широкие (часто более тонкие) вариации свойств зрительных актов вполне могут иметь место в пределах только зрительных задач.

Часто зрительные процессы совершаются как ярко выраженные произвольные действия, особенно в тех случаях, когда необходимая информация должна быть извлечена из объекта или зрительного окружения путем «всматривания», активной «организации» и т. п. В то же время существует большое число перцептивных автоматизмов — процессов, «срабатывающих» независимо от нашей воли. Они могут обеспечить мгновенную оценку объекта, его перцептивную организацию или трансформацию. Известно, например, что обращение двузначных фигур часто совершается самопроизвольно и иногда даже вопреки воле наблюдателя (Pelton et al., 1969). Еще более яркую иллюстрацию представляют мгновенные смены иногда целой перцептивной сцены при введении всего лишь одного «признака». В литературе описаны резкие переходы к константному и снова аконстантному видению цвета (Katz, 1935); столь же резкое обращение глубинных отношений при псевдоскопическом наблюдении (Компанейский, 1940) и т. п.

Наряду с произвольностью-непроизвольностью (автоматичностью) перцептивных актов можно выделить другую, хотя и сходную, их характеристику: степень субъективной напряженности или сложности. Это свойство относится преимущественно к произвольным перцептивным действиям, так как непроизвольные акты обычно протекают «легко», «сами собой» и вопрос о степени напряженности в отношении их не встает. Затруднить перцептивное действие, сделать его более напряженным можно за счет плохого или конфликтного «периферического обеспечения», т. е. путем создания таких стимульных условий, которые не способствуют или даже противодействуют решению перцептивной задачи. Примерами являются, с одной стороны, различные виды пороговых задач: обнаружение сигналов слабой интенсивности, различение близких раздражителей, опознание кратковременно предъявленных объектов, с другой — задачи активного выделения зашумленных или замаскированных фигур (Gottschaldt, 1926), фигур в многозначном объекте (Schumann, 1904), «несенсорных» фигур в гомогенной среде (Hebb, 1949) и др.

В главах II и III мы говорили о еще одной важной характеристике зрительного процесса — размере поля, в пределах которого он происходит (оперативное поле зрения). Зрительная настройка на поле определенного размера обычно диктуется величиной объекта, характером решаемой задачи, наконец, перцептивными возможностями субъекта. Как правило, настройка на поле принимает форму перцептивной операции, обслуживающей содержательное действие (опознание, оценку, сравнение объектов), но может осуществляться и в порядке решения специально поставленной задачи (см. § 2.2).

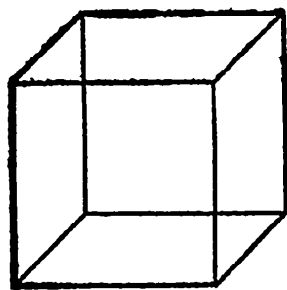
Помимо зрительного восприятия внешних объектов существует другая, не менее важная форма работы зрения. Она происходит во внутреннем плане, при отсутствии реального объекта. Как и в отношении «внешнего зрения», применительно к «внутреннему зрению» можно говорить о степени произвольности, напряженности, о величине или размере поля «охвата» и т. п.

Примером крайней степени произвольности процессов внутреннего зрения являются зрительные псевдогаллюцинации: хорошо известен их спонтанный, автоматический, навязчивый характер (Кандинский, 1952).

Таковыми же свойствами обладают зрительные образы-персеверации. С другой стороны, известны случаи развития уникальных способностей к произвольному вызыванию и удержанию ярких зрительных образов и к столь же произвольному от них отключению (Лурия, 1968). Более типичны вариации степени трудности, с которой удается вызвать в представлении образ даже хорошо знакомого лица.

Во внутреннем зрении также существует эквивалент оперативного поля зрения: в представлении можно вызвать как отдельные небольшие фигуры, так и сложные картины, занимающие все поле зрения. Последние принимают в патологии форму «панорамических галлюцинаций» (Кандинский, 1952).

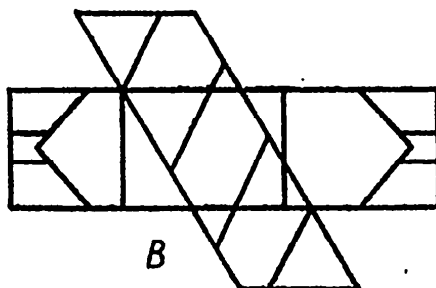
Описанные характеристики процессов внешнего и внутреннего зрения — *мера произвольности, степень напряженности* или сложности, *площадь «охвата»* или настройки внимания — были выбраны нами в качестве переменных для выявления зависимости от них параметров ФОКН (Романов, 1971, 1973).



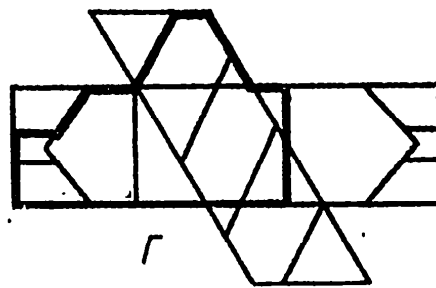
А



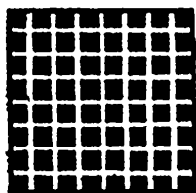
Б



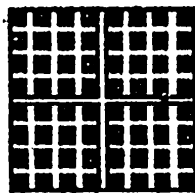
В



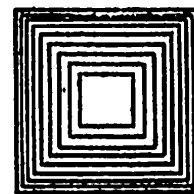
Г



Д



Е



Ж

Рис. 37. Неподвижные объекты, использованные в зрительных задачах:

А — куб Неккера; Б — фигура Готтшальдта; В — замаскированная фигура Готтшальдта; Г — демаскированная фигура Готтшальдта; Д — шахматная доска Шумана; Е — сенсорная фигура на шахматной доске Шумана; Ж — зашумленные квадраты

Объектами в опытах служили: куб Неккера, фигуры Готтшальдта, «шахматная доска» Шумана, зашумленные квадраты и цветные квадраты различной площади (рис. 37).

Размеры куба Неккера, фигур Готтшальдта и доски Шумана были постоянными, со стороной 4° ; стороны зашумленных (вписанных друг в друга) квадратов варьировали в пределах от $50'$ до 5° ; стороны цветных квадратов принимали значения $50'$, 4° и 8° .

В первой серии сопоставлялись условия произвольной и непроизвольной перцептивной организации. В качестве объекта использовался куб Неккера (рис. 37, А). Испытуемому давались две различные инструкции: а) «произвольно удерживайте одну из позиций куба; если произойдет смена ее — удерживайте новую позицию»; б) «просто наблюдайте куб и отмечайте каждую смену его позиций».

Во второй серии сопоставлялись задачи на произвольную перцептивную организацию в трудных и легких условиях. Использовались следующие объекты и задачи:

— в отношении фигуры Готтшальдта (рис. 37, Б): а) «выделять замаскированную фигуру» (рис. 37, В); б) «воспринимать демаскированную фигуру» (рис. 37, Г);

— при предъявлении «шахматной доски»: а) «выделять графически невыделенную несенсорную фигуру в форме креста» (рис. 37, Д); б) «наблюдать графически выделенную (сенсорную) фигуру в форме креста» (рис. 37, Е);

— в зашумленных квадратах: а) «выделять третий с края (зашумленный) квадрат» (рис. 37, Ж); б) «смотреть на центральный (незашумленный) квадрат» (тот же рисунок).

Очевидно, что все задачи под рубрикой (а) составляют трудные условия, а все задачи под рубрикой (б) — легкие условия.

В третьей серии сопоставлялись задачи, предполагающие разные площади зрительной настройки. Использовались красные квадраты переменной площади. Испытуемому давалась инструкция «охватить взором», или «настроить внимание» на каждый из предъявленных квадратов.

В четвертой серии выяснялась «реактивность» ФОКН на некоторые формы работы внутреннего зрения:

- а) произвольное вызывание зрительного представления: предварительно испытуемому давался объект — зашумленный квадрат; затем он убирался, и испытуемого просили «представить его снова на экране»;
- б) настройка внутреннего зрения на объекты разной площади: представляя те же зашумленные квадраты, испытуемые должны были поочередно настраиваться на площадь центрального, среднего и самого крайнего квадратов.

Физические свойства движущихся полос во всех сериях сохранялись неизменными: скорость $8^\circ/\text{с}$, одновременно в поле зрения находилось 5 черных и 5 белых полос при угловом размере каждой полосы 4° . Полосы двигались в сторону, совпадающую с асимметрией ФН для данного испытуемого. Опыты сопровождались регистрацией горизонтальной составляющей движений глаз. Всего в опытах участвовали 8 и в каждой серии — не менее 3 испытуемых. С каждым испытуемым было проведено по 6 и более опытов на каждую задачу.

Скажем предварительно несколько слов о способе обработки и представления результатов. До сих пор (см. § 4.1 и 4.2) при обсуждении свойств ФОКН и их изменений мы оперировали средними значениями длительности (t), амплитуды (l) и скорости (v) его медленных фаз. Очевидно, что из перечисленных трех параметров только два являются независимыми переменными, третий же представляет собой простое следствие двух других. Поэтому при изложении результатов достаточно было бы сообщать о направлении и величине изменений либо только t и l , либо t и v , либо l и v . Почему же мы поступали иначе? Дело в том, что в настоящий момент мы не можем сказать с уверенностью, какие же параметры ФОКН являются существенными, зависящими от интересующих нас факторов, а какие — производными. Более того, нам кажется, что в различных случаях существенные параметры могут быть различными. Во всяком случае выяснение этого вопроса представляет специальную задачу. Мы будем иметь в виду при рассмотрении результатов каждой серии.

Первый общий результат во всех сериях у всех испытуемых состоял в явно выраженном «зрительном» характере ФОКН. Типичными признаками его являются сильное увеличение t и, как правило, уменьшение v ;

в сочетании это создает картину подавленного или «вытянутого» ФОКН. На фоне этой общей картины наблюдались некоторые закономерные изменения, определявшиеся условиями и характером зрительных задач.

Задачи, рассчитанные на произвольные и напряженные зрительные действия (варианты «а» в первой и второй сериях), сопровождалась усилением «зрительного» характера ФОКН. Особенно характерным здесь было увеличение длительности медленных фаз до 10, 20 и более секунд — значения, неизвестные нам ранее для фиксационных движений глаз. На рис. 38 и 39 приведены записи движений глаз и средние циклы⁴ для соответствующих задач.

Исключение составили результаты с выделением фигур на доске Шумана: t средних циклов ФОКН при трудном варианте этой задачи — выделении несенсорной фигуры по сравнению с более легкой задачей — восприятием сенсорной фигуры — оказалось здесь меньше (рис. 40). Однако исключительность этого результата была лишь кажущейся.

Во-первых, большинство наших задач (они специально подбирались таким образом) решалось испытуемым при минимальном количестве установочных скачков, т. е. в режиме свободно длящихся фиксаций глаз. Однако иногда, особенно при возрастании сложности задачи, испытуемые переходили на двигательную тактику. Как раз при трудном варианте обсуждаемой задачи такая тактика была типичной для всех испытуемых. В этом случае фиксационные дрейфы начинали прерываться не только скачками ФОКН, но и установочными движениями глаз. В результате периоды плавных движений переставали характеризовать длительность медленных фаз ФОКН. При обработке же результатов этот момент специально не учитывался, а усреднялась длительность всех дрейфов независимо от характера прерывающих их скачков.

⁴ Каждый «средний цикл» составлен по средним значениям амплитуды (l), длительности (t) и скорости (v) дрейфов ФОКН, подсчитанных по 700—900 циклам у данного испытуемого при данных условиях. Эти значения приводятся над треугольниками, являющимися графическими изображениями средних циклов. Вертикальные катеты треугольников изображают среднюю длительность, горизонтальные — среднюю амплитуду и угол между вертикальным катетом и гипотенузой — среднюю угловую скорость дрейфов ФОКН.

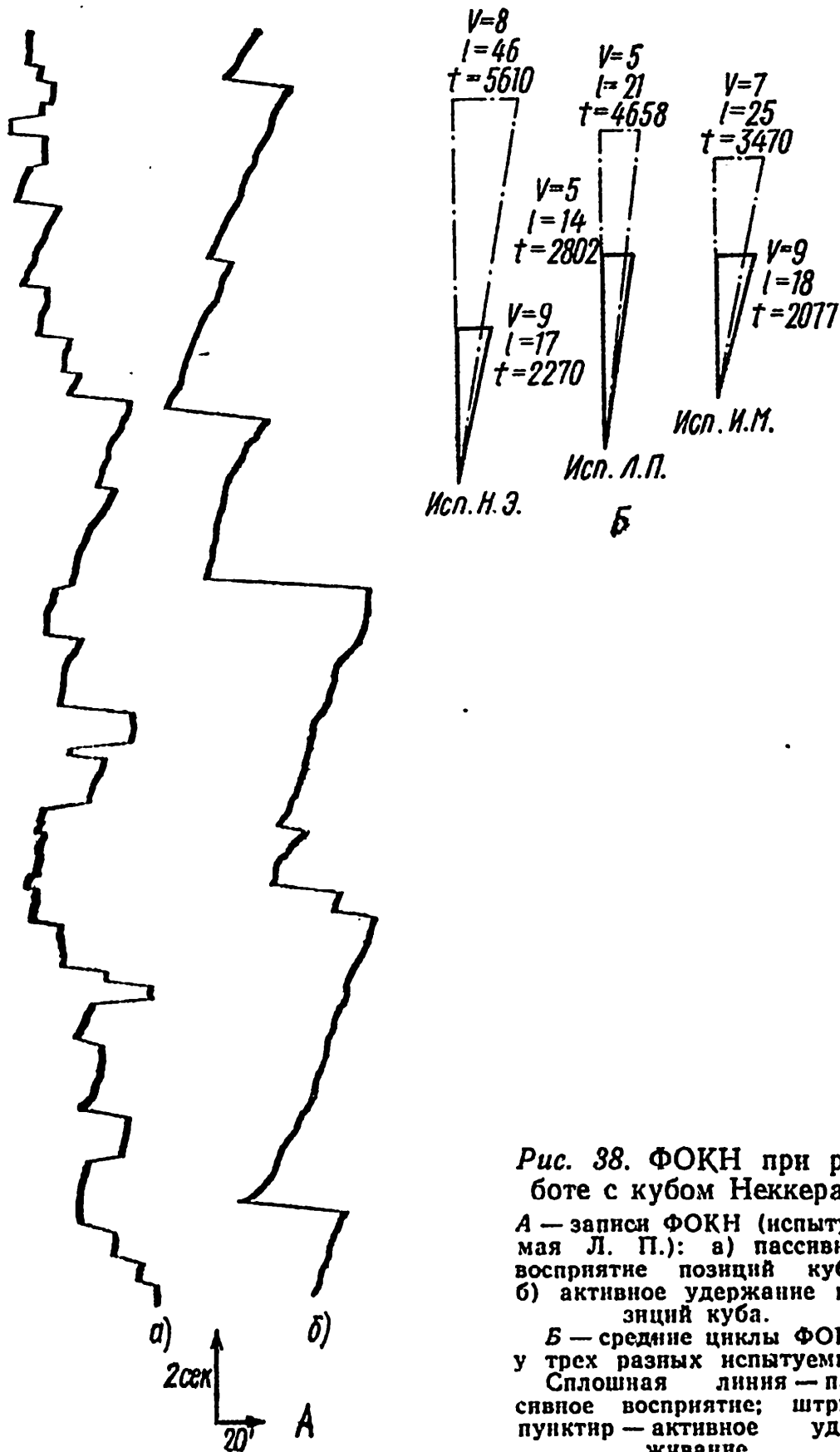


Рис. 38. ФОКН при работе с кубом Неккера:

А — записи ФОКН (испытуемая Л. П.): а) пассивное восприятие позиций куба; б) активное удержание позиций куба.

Б — средние циклы ФОКН у трех разных испытуемых. Сплошная линия — пассивное восприятие; штрих-пунктир — активное удержание

Во-вторых, выделение несенсорной фигуры на доске Шумана было сверхтрудной задачей: испытуемые очень старались видеть «крест», но, как правило, это им не удавалось. Как раз в таких случаях они переходили на

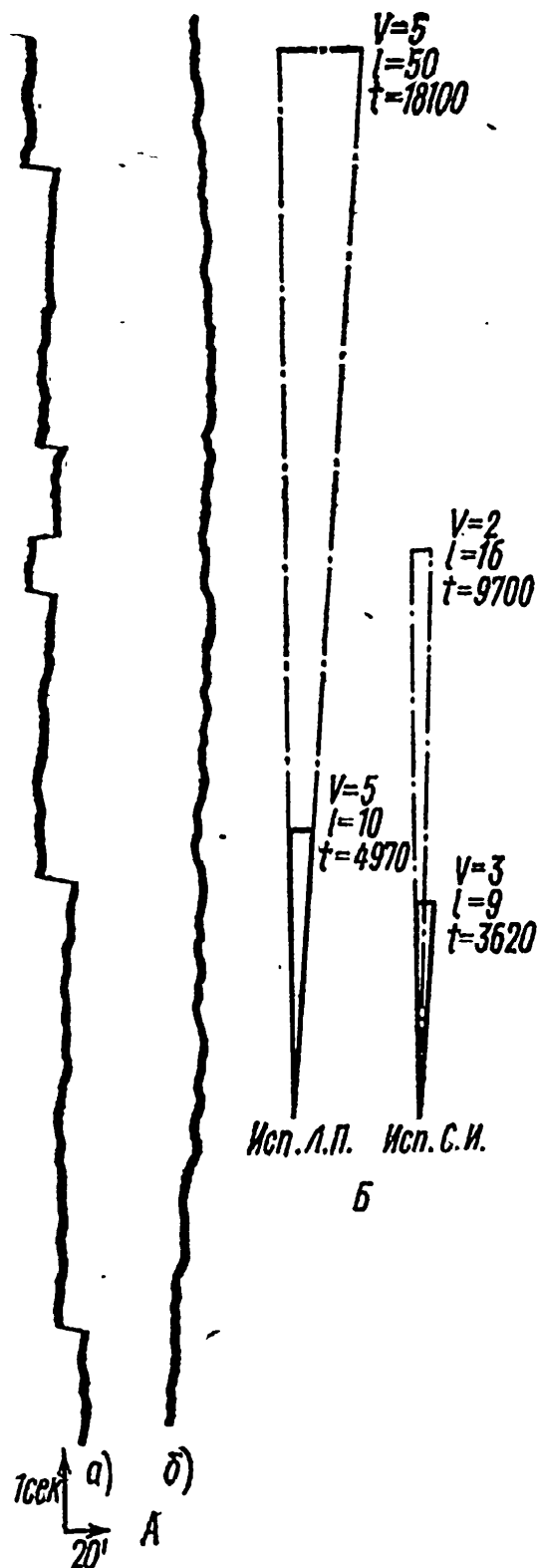


Рис. 39. ФОКН при работе с фигурой Готтшальдта:

А — запись ФОКН (испытуемая Л. П.): а) восприятие демаскированной фигуры; б) выделение замаскированной фигуры.

Б — средние циклы ФОКН у двух разных испытуемых.

Сплошная линия — восприятие демаскированной фигуры; штрихпунктир — выделение замаскированной фигуры

двигательную тактику, пытаясь достичь цели, образно говоря, «не моем, так катаньем», хотя и эта тактика им мало помогала.

Итак, единственной «чистой» характеристикой средних циклов ФОКН, относящихся к выделению несенсорной фигуры, могла быть только скорость дрейфов (v): она, как и в случаях других сложных зрительных задач, здесь была уменьшена.

Аналогичные результаты получились в опытах с зашумленными квадратами. Хотя выделение зашумленных квадратов проходило у испытуемых также с переменным успехом, сама задача была для них более легкой и периоды ее успешного выполнения были более длительными и отчетливыми. Это дало возможность дифференцировать (по отчетам испытуемых) участки запи-

сей, относящихся к периодам фактического выполнения и к периодам фактического невыполнения инструкции. Результаты количественной обработки ФОКН в каждый из названных периодов приведены на рис. 41. Видно, что средние циклы, соответствующие периодам, когда испытуемому не давалось решение этой задачи (сплошная линия), сходны со средними циклами ФОКН при неуспеш-

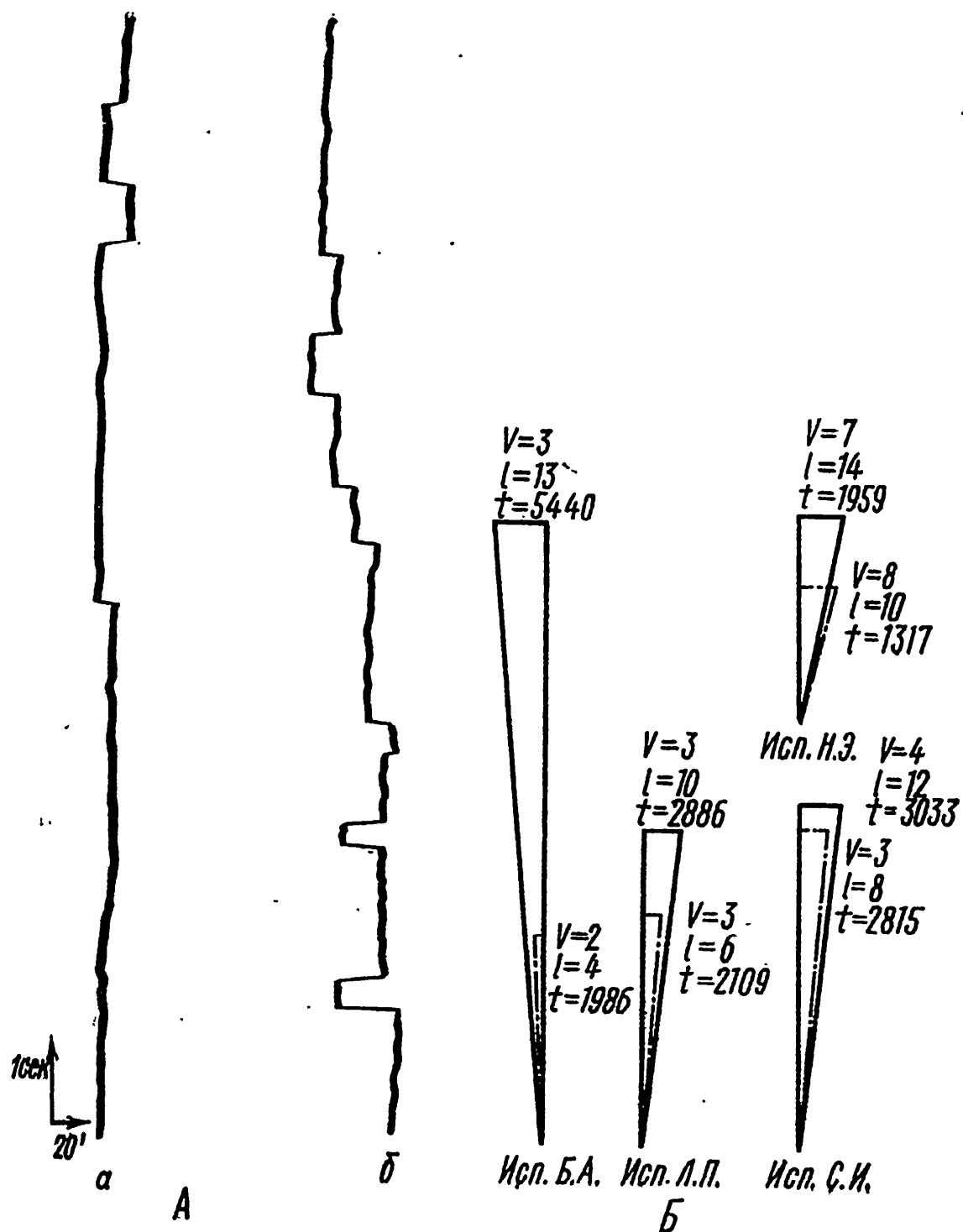


Рис. 40. ФОКН при работе с доской Шумана:
 А — записи ФОКН (испытуемая Л. П.): а) восприятие сенсорной фигуры; б) выделение несенсорной фигуры.
 Б — средние циклы у 4 разных испытуемых.
 Сплошная линия — восприятие сенсорной фигуры; штрихпунктир — выделение несенсорной фигуры

ном выделении несенсорной фигуры на доске Шумана (см. рис. 40, штрихпунктир).

Еще один интересный результат относится к задаче настройки внимания на квадраты различной площади (третья серия). На рис. 42 приведены образцы записей движений глаз и средние циклы ФОКН при решении

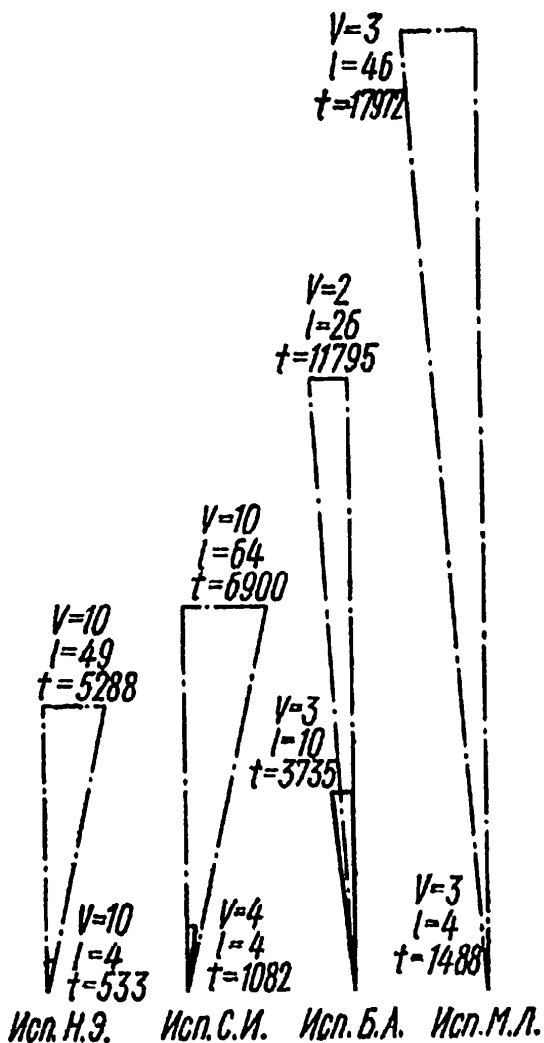


Рис. 41. Средние циклы ФОКН у 4-х разных испытуемых при работе с зашумленными квадратами.

Сплошная линия — невыполнение задачи; штрихпунктир — выполнение задачи

этой задачи. Обращает на себя внимание закономерное возрастание l вместе с увеличением площади настройки; v имеет ту же тенденцию; параметр t здесь, по видимому, является производным. Полученный результат оказался для нас очень значимым, поскольку впервые за много лет мы смогли увидеть *непосредственное проявление оперативного поля зрения*. До этих пор оно оставалось лишь полезной гипотезой (см. главы II, III).

Наконец, отчетливые результаты были получены в задаче, где испытуемым предлагалось визуализировать зашумленные квадраты (четвертая серия). В этих опытах испытуемые иногда говорили, что представить квадраты им «вроде удаётся», но чаще — что они «не видят ничего». Эти неудачи легко понять, если учесть, что визуализировать объект приходилось в чрезвычайно трудных условиях: глядя на

экран, по которому непрерывно двигались контрастные полосы. Регистрация движений глаз обнаружила при этой задаче прослеживающие движения большой амплитуды, которые, по существу, представляли собой медленные фазы оптокинети́ческого нистагма⁵.

Эта же серия была проведена с испытуемым А. К., обладавшим чрезвычайно развитой способностью к запечатлению и удержанию зрительных образов (о нем

⁵ Как уже описывалось в § 4.1, превращение медленных фаз ФОКН в фазы прослеживания ОКН характерно для условий отсутствия фиксационной точки. Именно такие условия создавались при выключении объекта, подлежащего визуализации.

уже шла речь выше — см. § 4.2). Несколько попыток кончились неудачей: испытуемый говорил, что может ярко видеть квадраты только с закрытыми глазами; когда же он открывает глаза, то движущийся фон немедленно сбивает визуализированный образ. Регистрация ФОКН при таких неудачных попытках дала у этого испытуемого ту же картину, что и у других (рис. 43,а). А. К. очень хотелось продолжить тренировку и добиться видения квадратов на фоне полос. Такая тренировка была организована. В ходе ее экспериментатор плавно уменьшал яркость квадратов (от очень яркого до невидимого), в то время как испытуемый пытался «удерживать» их. Вскоре А. К. стал при выключении квадратов «что-то продолжать видеть» и на фоне полос. Регистрация ФОКН на этом этапе обнаружила сильно «раскаченный» ФОКН (рис. 43,б). Однажды А. К. воскликнул, что видит очень яркий центральный квадрат. ФОКН при этом оказался близким к ФОКН при фиксации неподвижной точки (рис. 43,в). Наконец, испытуемый оказался способным визуализировать зашумленные квадраты. Он мог не только видеть, но и действовать с этими квадратами, зрительно настраиваясь то на больший, то на меньший из них. На рис. 43,г приведена запись ФОКН при выделении центрального квадрата ($50'$) в визуализированном образе; на рис. 43,д — запись при восприятии всего объекта (5°). Видно, что с увеличением площади настройки наблюдается закономерное увеличение амплитуды циклов ФОКН, т. е. то же, что и при аналогичной задаче с реальными объектами.

Попытаемся проанализировать полученные факты в понятиях теории деятельности. Вспомним прежде всего, что все задачи в описанных опытах были зрительными. Кроме того, они не сопровождались дополнительной инструкцией фиксировать точку, как это имело место в некоторых задачах выше (см. § 4.2). Это значит, что единственными действиями в описанных опытах были зрительные действия. Следовательно, различия в характере ФОКН между различными задачами нельзя объяснить изменениями макроструктуры деятельности (как при анализе результатов § 4.2 и 4.3) — здесь эта структура была одинаковой. По-видимому, для объяснения требуется более тонкий анализ особенностей зрительных действий.

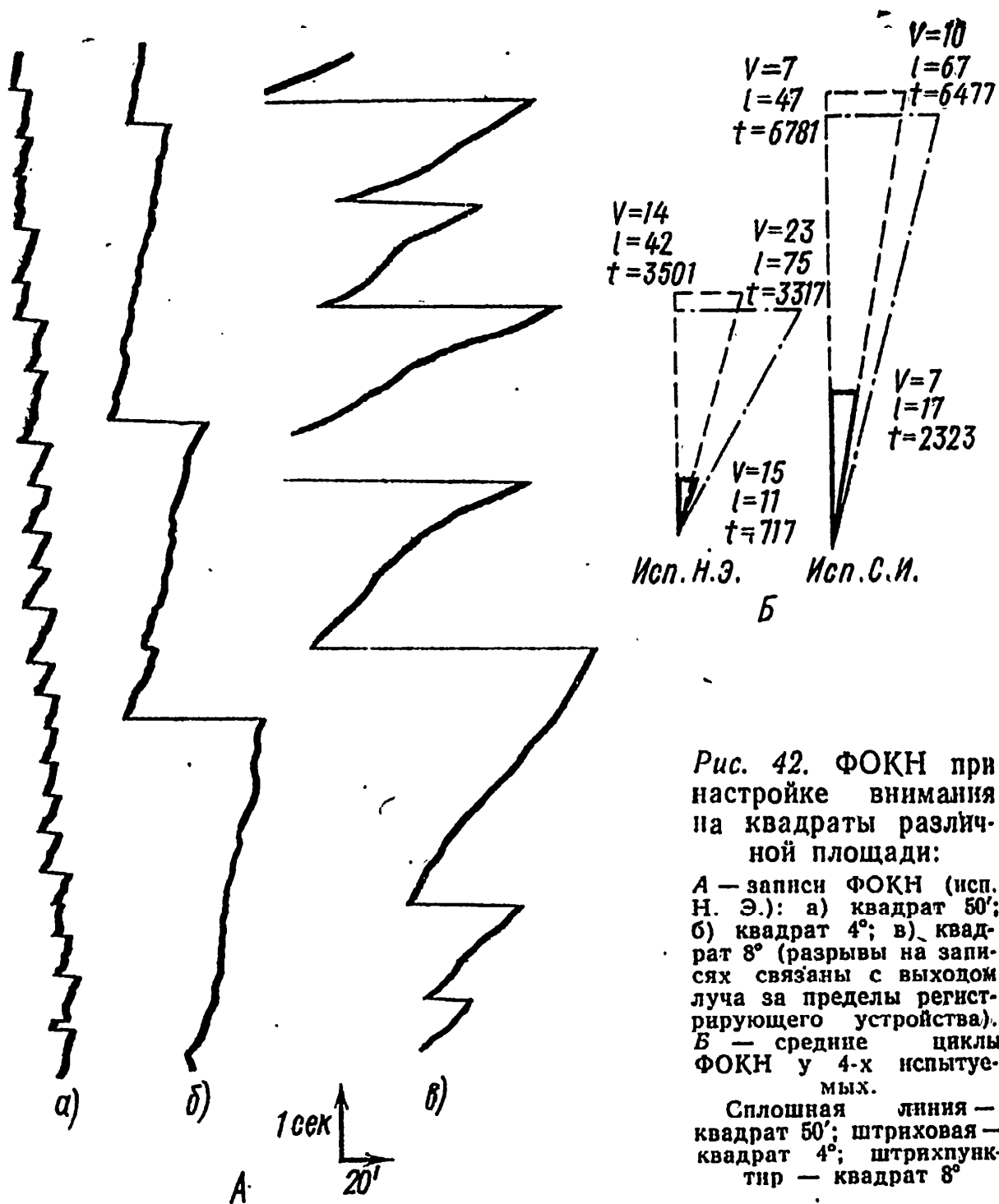


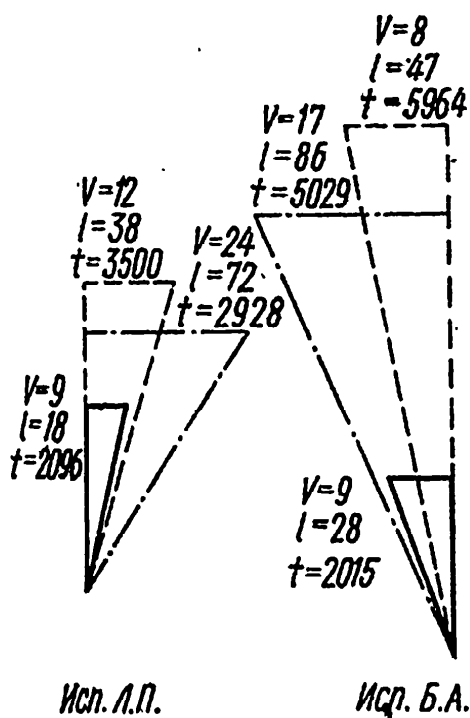
Рис. 42. ФОКН при настройке внимания на квадраты различной площади:

А — записи ФОКН (исп. Н. Э.): а) квадрат 50°; б) квадрат 4°; в) квадрат 8° (разрывы на записях связаны с выходом луча за пределы регистрирующего устройства). Б — средние циклы ФОКН у 4-х испытуемых.

Сплошная линия — квадрат 50°; штриховая — квадрат 4°; штрихпунктир — квадрат 8°

Произвольность, сложность, напряженность зрительных действий представляются нам как различные степени внутренней активности. В то же время степень внутренней активности служит признаком деятельностного ранга процесса.

Так, наиболее пассивными выступают для нас психофизиологические функции. Часто они переживаются как «отправления» организма, как процессы, происходящие «в нас» или «с нами». Так, для того, чтобы иметь светоощущение, нам не нужно ничего делать — в обычном смысле этого слова.



Процессы следующего уровня — операции, в том числе перцептивные, — отличаются автоматичностью, мгновенностью срабатывания, часто — неподвластностью произвольному контролю. Однако, с другой стороны, они допускают частичное вмешательство со стороны субъекта и поэтому должны быть сдвинуты на оси активности в сторону активного полюса.

Наибольшей степенью активности характеризуется, наконец, уровень действий, поскольку начало, ход и за-

вершение любого действия предполагают сознательный контроль со стороны субъекта.

Не следует забывать, однако, что любое действие представляет собой некоторый ансамбль процессов, включающий в том числе процессы более низких уровней — операций и функций. Эти «технические фоновые компоненты» действия (Н. А. Бернштейн) способны определить реальное психологическое «лицо» действия в целом. Если цель достигается в основном за счет срабатывания готовых механизмов (операций и функций), то действие протекает быстро, легко, почти произвольно. Так, задача опознать сложный, но хорошо различимый, знакомый объект решается мгновенно, как бы сама собой. Если же по какой-либо причине действие лишается поддержки снизу, то оно разворачивается во времени, проходит этапы поиска и принятия решения, сопровождается состоянием напряженности и т. п. Именно так проходит решение задачи обнаружения слабого точечного сигнала, несмотря на кажущуюся ее простоту (Таппер, Swets, 1954; Бардин, 1962; Бороздина, 1973).

Итак, отвечая на вопрос, почему различные действия, формально имеющие один и тот же ранг, существенно различаются по своим психологическим свойствам, можно сказать: потому, что различен «удельный вес» процессов каждого из деятельностных уровней, которые принимают участие в осуществлении действий.

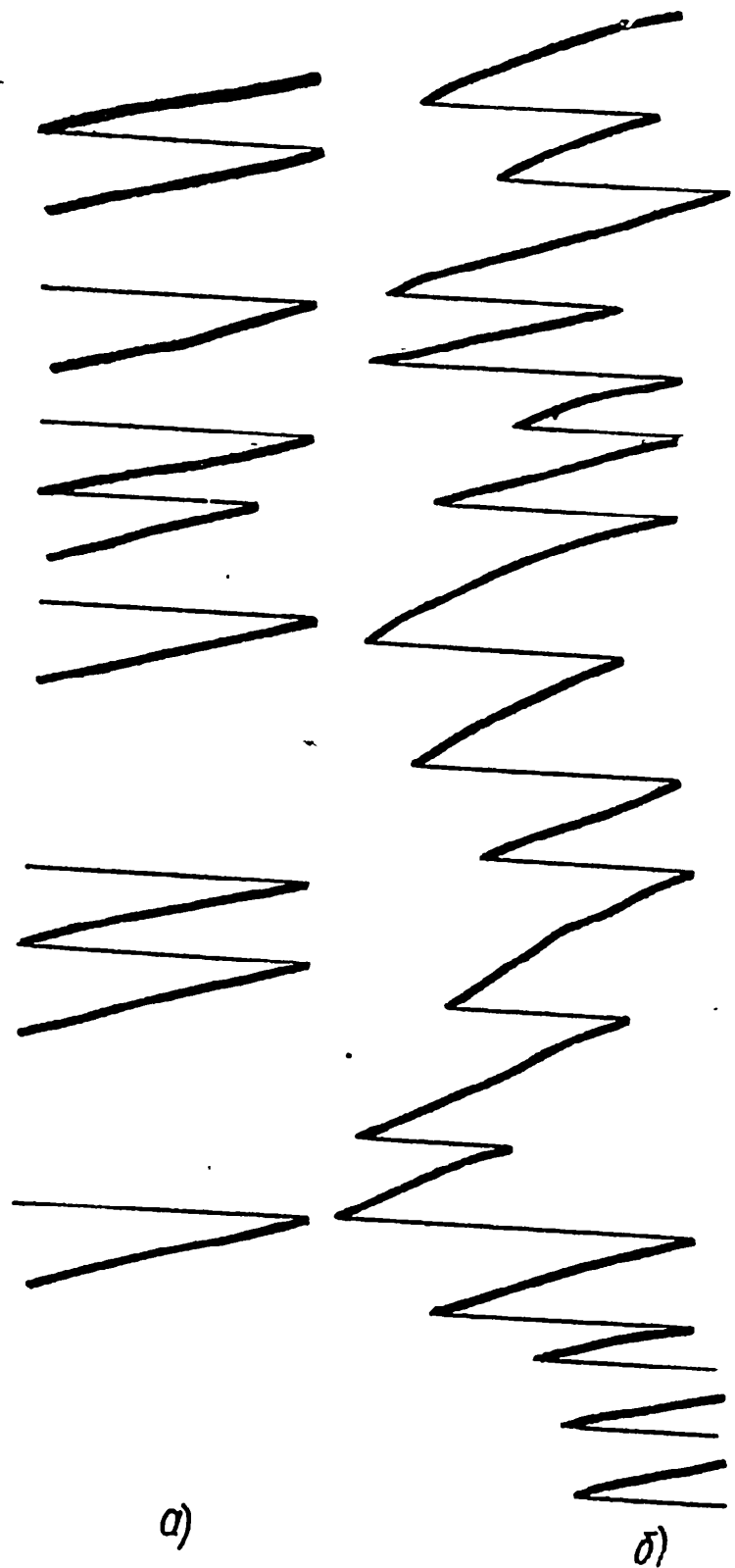
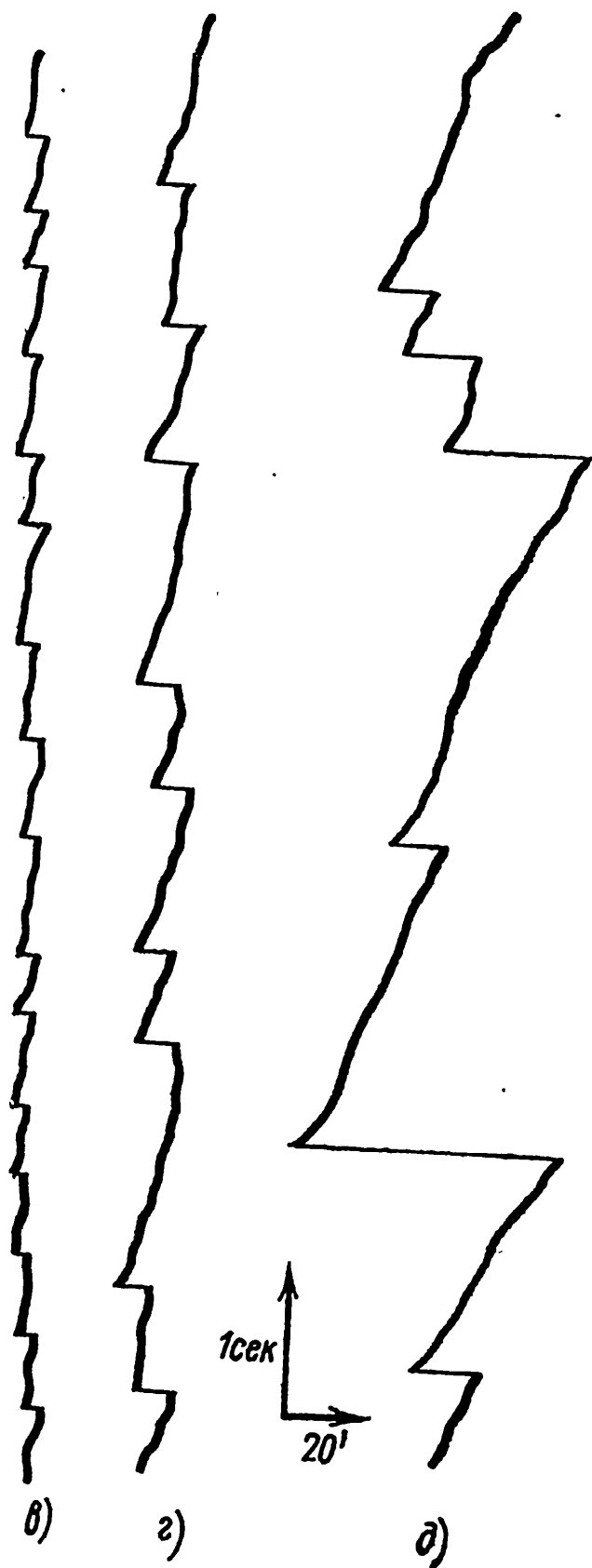


Рис. 43. Записи ФОКН при попыт-
 квадраты испытуемым А. К.: а) не-
 лизация; б) отчетливое видение
 квадрат 50'; в) настройка



как визуализировать зашумленные
 удачная попытка; б) слабая визуа-
 центра квадрата; в) настройка на
 на квадрат 5°

Возвращаясь к результатам изложенных экспериментов, можно сделать вывод, что параметры ФОКН обнаружили чувствительность не только к формальному рангу зрительного процесса, но и к *фактическому уровню, на долю которого приходится основная нагрузка в реализации действия*. Что касается формы проявления этой чувствительности, то общая закономерность, описанная в предыдущих параграфах (4.2 и 4.3), подтвердилась и здесь: *вместе с повышением уровня организации зрительного процесса происходит параллельное усиление роли высокоуровневых влияний в тонической системе глаз*.

§ 4.5.

ФОКН КАК ПОКАЗАТЕЛЬ УЧАСТИЯ ЗРЕНИЯ В РЕГУЛЯЦИИ ДВИЖЕНИЙ

Проблема участия зрения в двигательных актах имеет несколько аспектов. Один из них связан с существованием «внешнего кольца» управления движениями. Обширный класс движений строится и первоначально осуществляется под зрительным контролем. Это движения уровня «С», по классификации Н. А. Бернштейна (1947). По мере автоматизации таких движений их управление переходит на «внутреннее кольцо», замыкающееся через мышечную проприоцепцию. Хорошо известными примерами движений, прошедших такую историю, являются протягивание руки в темноте к выключателю или подписи, которую мы можем ставить, не глядя на руку. Понятно, что «чистые» случаи движений, афферентируемых только зрительно или только проприоцептивно, являются довольно редкими, и основную массу профессионально-трудовых, спортивных, бытовых и прочих движений составляют промежуточные случаи. В отношении них целесообразно говорить об относительной роли или «удельном весе» зрительных компонентов в общем афферентном потоке, обслуживающем управление движениями.

Другой аспект той же проблемы связан с использованием в двигательных задачах зрительных образов

внешнего пространства, или зрительных пространственных представлений. По зрительным представлениям совершаются, например, движения, цель которых — воспроизвести метрические или пространственные свойства знакомого, но отсутствующего в данный момент объекта. Так, мы можем с большим или меньшим успехом начертить линию в 10 см, используя эталон, хранящийся в долговременной памяти. Иногда внутренние зрительные образы, афферентирующие движения, отчетливо выступают в самонаблюдении, например когда мы в темноте передвигаемся по собственному дому; в других случаях их присутствие субъективно менее очевидно, хотя может быть обнаружено объективными методами. Один из таких методов основан на «разведении» фактического и зрительно воспринимаемого положений источника звука при задаче указать его местоположение. Используя этот прием, Г. Пик и другие (Pick et al., 1969) показали, что испытуемые локализуют звук где-то между истинным и видимым положениями его источника, причем степень отклонения в сторону видимого положения различна у разных испытуемых.

В целом можно сказать, что проблема участия зрения в движениях имеет как качественную, так и количественную сторону. Зрение поставляет сигналы расогласования, на основании которых производятся текущие коррекции движений; оно участвует также в программировании движений на основе либо реальной зрительной стимуляции, либо образов-представлений.

Разнообразные факты показывают, что в руководстве движениями зрение может частично, а иногда и целиком передавать свои функции другим перцептивным модальностям. Главным таким помощником, заместителем или конкурентом зрения является, конечно, мышечная проприоцепция, хотя на ее месте могут оказаться слух, осязание и др. Таким образом, при изучении механизмов формирования, осуществления, автоматизации движений большое значение приобретает вопрос о степени включенности зрения в афферентацию движений. К сожалению, строгое исследование этого вопроса до сих пор тормозилось из-за отсутствия объективных показателей активности зрительной системы.

Результаты исследований, изложенные в § 4.2 и 4.4, позволили предположить, что параметры ФОКН могут

служить объективными показателями меры участия зрения в двигательных актах. Это предположение было подвергнуто нами экспериментальной проверке (Гиппенрейтер, Пик, 1973).

Во всех опытах испытуемые получали двигательную задачу. Они должны были производить то или иное движение рукой, не глядя на нее. Одновременно их просили фиксировать точку, находящуюся в центре экрана, по которому двигались черно-белые полосы.

В первой серии использовалось простое однотипное движение — линейные поступательные и возвратные перемещения руки: испытуемый держал в руке специальный карандаш и двигал им вдоль горизонтальной щели длиной 20—30 см. Варьировались условия, меняющие тип афферентации этого движения. Всего предлагалось четыре задачи.

Движения между перегородками: по краям щели ставились механические ограничители, и испытуемый должен был передвигать руку от одного ограничителя до другого, не заботясь об амплитуде движения (условие I).

Движения по двигательной памяти: испытуемый задавал себе эталонное движение и затем пытался его в точности повторить (условие II).

Движения по зрительной памяти: на экране предъявлялся эталон длины, который задавался парой точек по обе стороны от точки фиксации; расстояния между точками варьировали от 4 до 12 см, что соответствовало диапазону 2—6°; по истечении 5 с эталон выключался, и испытуемый должен был воспроизвести его движением руки (условие III).

Движения по зрительному эталону: эталон (такая же пара точек, что и в предыдущей задаче) оставался на экране в течение всего времени его воспроизведения (условие IV).

Во всех условиях испытуемого просили повторять движение туда и обратно до тех пор, пока экспериментатор не даст сигнал к остановке. Обычно он успевал к этому времени произвести от 10 до 20 полных циклов движения руки. В каждом 3—4-минутном опыте использовалось два из четырех перечисленных условий. В течение всей серии каждое условие повторялось, по крайней мере, в двух опытах с каждым испытуемым.

Установка обеспечивала синхронную регистрацию на одной и той же фотоленте движений глаза и движений руки.

Все четыре задачи первой серии можно было упорядочить по степени предполагаемого участия зрения: наименее зрительными представлялись движения между перегородками (условие I), за ними шли движения по двигательной памяти (условие II)⁶, затем — движе-

⁶ Условие II, вообще говоря, допускало включение зрительных компонентов, поскольку в инструкции испытуемого специально просили ориентироваться на амплитуду заданного движения в координатах внешнего пространства, а не собственного тела.

ния по зрительной памяти (условие III) и, наконец, движения по зрительному эталону (условие IV). Если бы ФОКН действительно реагировал на меру участия зрения в движениях, то можно было бы ожидать упорядоченных изменений его параметров соответственно предполагаемому нарастанию степени зрительности описанных задач.

Во второй серии были взяты более сложные графические движения. Главное сравнение здесь проводилось между повторяющимся воспроизведением собственной подписи испытуемого и написанием печатными буквами простых слов на иностранном языке. Предполагалось, что вторая задача связана с большей визуализацией букв, т. е. программы движений, чем первая.

В каждом опыте второй серии испытуемые в течение половины времени многократно воспроизводили подпись, а в течение другой половины писали заглавными печатными буквами знакомые иностранные слова типа: EIN, ZWEI, DREI или ONE, TWO, THREE. Порядок этих задач в различных опытах менялся. Испытуемым предлагали писать в естественном для них темпе. Движения письма регистрировались на специальном фотокимографе (манографе) с помощью светового карандаша. Регистрация была организована так, что позволяла в дальнейшем сопоставлять записи графических движений руки и движений глаз с точностью до периодов написания отдельных букв и даже элементов отдельных букв.

Во всех опытах для регистрации движений глаз использовался фотооптический метод. В начале и часто в конце каждого опыта записывался фоновый ФОКН, т. е. ФОКН при фиксации неподвижной точки без дополнительной двигательной задачи. По крайней мере, две, а обычно четыре такие 3—4-минутные пробы проводились с каждым испытуемым.

В опытах участвовали 4 испытуемых, однако по техническим причинам оказалось возможным обработать записи только двух из них. Одна из этих испытуемых была специалистом-психологом, другая имела среднее образование.

Обработка результатов первой серии состояла прежде всего в подсчете средних значений длительности (t) и скорости (v) медленных фаз ФОКН. Амплитуда циклов (l) рассматривалась как производная от первых двух параметров.

Предварительный анализ результатов обнаружил динамику ФОКН в пределах каждой задачи, по мере повторения движений (как уже говорилось, в каждой отдельной пробе испытуемый производил серию движений — не менее 10 циклов). Поэтому можно было подсчитывать средние по данным, относящимся отдельно к началу и к концу серии движений. Для этой цели были выбраны 1—3 и 8—10 циклы руки.

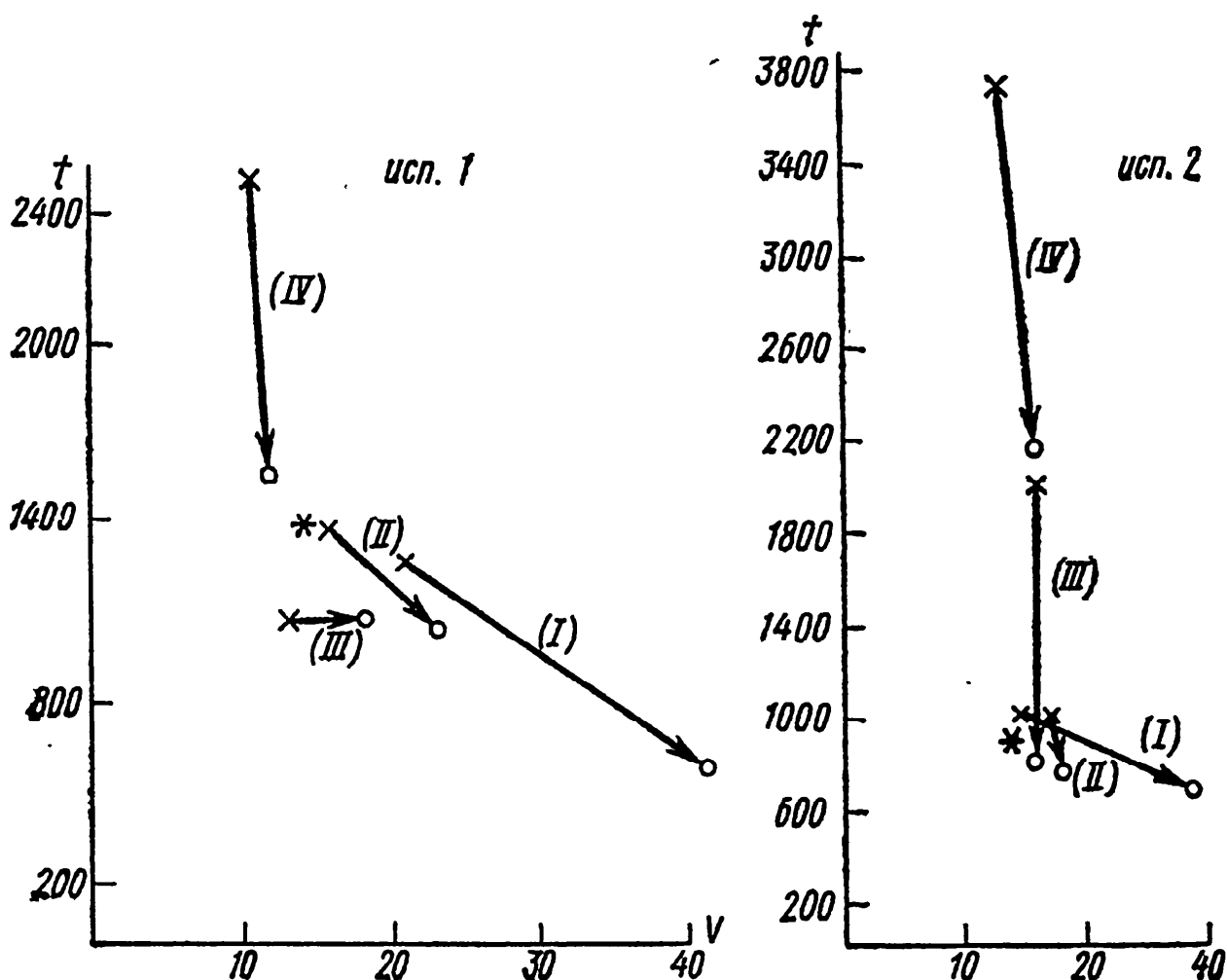


Рис. 44. Средние значения t и v ФОКН в первых (1—3) и последних (8—10) циклах движений руки при различных условиях первой серии:

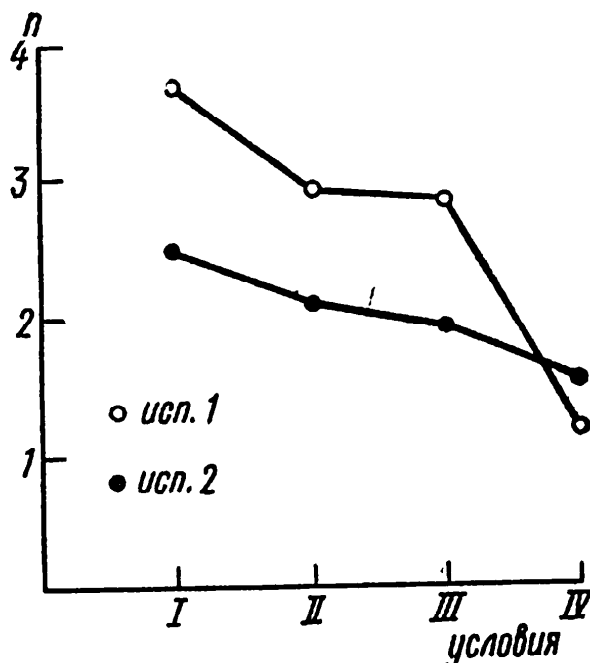
I — произвольные неметризованные движения (между перегородками); II — движения по двигательной памяти; III — движения по зрительной памяти; IV — движения по зрительному эталону (исп. 1 и исп. 2).
x — 1—3 циклы, ○ — 8—10 циклы, * — фоновый ФОКН

Сравнение ФОКН между первыми и последними циклами руки (внутри одного условия) представляло специальный интерес потому, что, как известно, повторение движения независимо от его первоначальной афферентации связано с переходом контроля этих движений на мышечную проприоцепцию. Таким образом, изменения ФОКН внутри условий можно было интерпретировать как чувствительность его к динамике афферентации в процессе автоматизации движений.

Полученные результаты отдельно для каждой испытуемой приведены в графиках на рис. 44. Сравнение между условиями в 1—3 циклах показывает: для исп. 1 значимы отличия⁷ условия IV от всех остальных усло-

⁷ По критерию Стьюдента при $\alpha=0,05$.

Рис. 45. Количество циклов ФОКН на один цикл движения руки при разных условиях



вий (в условии IV имеет место наибольшее t и наименьшее v) и для исп. 2 — отличия условий IV и III как друг от друга, так и от остальных (соответственно в условии IV имело место наибольшее t и в условии III — следующее по величине t). Сравнение между первыми и последними циклами обнаруживает у исп. 1 значимое уменьшение t и увеличение v в условии I и у исп. 2 — значимое уменьшение t во всех четырех условиях.

Таким образом, количественная обработка параметров ФОКН показала чувствительность либо одного t (исп. 2), либо t в сочетании с v (исп. 1), во-первых, к факту участия зрения в афферентации движений (IV условие по сравнению с I), во-вторых, к ослаблению зрительного контроля в процессе повторения движений. Характер изменения указанных параметров согласуется с уже выявленной ранее тенденцией к «подавлению» ФОКН в более зрительных и «раскачке» его в менее зрительных условиях (см. § 4.2).

Результаты серии были также обработаны дополнительными способами. Один из них состоял в подсчете количества циклов ФОКН на один цикл движения руки. Как уже говорилось, во всех опытах испытуемые выбирали произвольный темп движения, и фактически он был разным в разных условиях.

На рис. 45 представлены графики относительной частоты ФОКН при разных условиях для каждого испытуемого. Снова видно, что явно зрительное условие (IV) отличается от остальных: относительная частота ФОКН здесь заметно меньше, чем в других условиях, где различия либо отсутствуют, либо менее значительны.

Качественный анализ одновременных записей руки и глаз дал возможность не только понять причину пос-

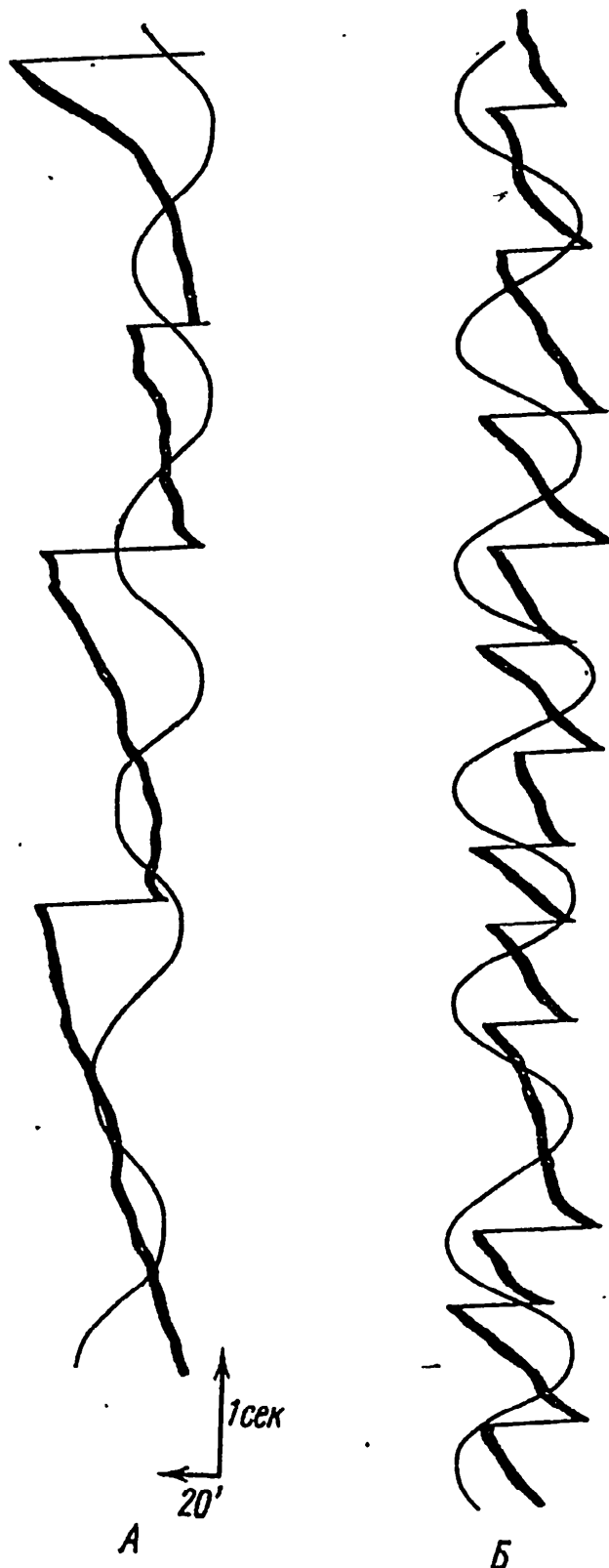


Рис. 46. Записи движений руки (синусоида) и ФОКН:

А — при движениях по зрительному эталону (IV условие);

Б — при движениях между перегородками (I условие)

ледного факта, но и обнаружил новую замечательную особенность ФОКН.

Обратимся к рис. 46, на котором приведены образцы синхронных записей движений руки и глаз в двух крайних условиях: «зрительном» (IV) и «чисто двигательном» (I) — соответственно рис. 46, А и Б. На первой записи (А) видно, что медленные фазы ФОКН, как правило, продолжают во время движения руки и прерываются скачком во время остановок, т. е. по достижении рукой одной из крайних позиций (на записи им соответствуют минимумы и максимумы «синусоиды»). В отличие от этого скачки на второй записи (Б) наблюдаются в случайных местах синусоиды и часто именно в периоды движения руки.

Для количественного представления описанного факта мы подсчитали процент скачков глаз, прихо-

дящихся отдельно на периоды остановок и периоды движений руки⁸. Результаты оказались следующими:

	Остановки	Движение
I условие	50%	50%
IV условие	80%	20%

⁸ Суммарная длительность всех периодов остановок и всех периодов движений была приблизительно одинаковой.

Чем объяснить факт задержки скачка во время зрительно афферентируемого движения и «высвобождения» его по окончании этого движения? Напрашивается следующее объяснение. При движении по зрительному эталону испытуемый, глядя на эталон, непрерывно соотносит с ним амплитуду движения руки. Непрерывность внутреннего зрительного контроля отражается в тонической напряженности глазных мышц. По завершении движения или его крупной «порции» (2—3 полупериода руки) зрительный контроль на момент прерывается, это влечет за собой ослабление тонической и мобилизацию фазной систем глазодвигательного аппарата. В условии I зрение не участвует в организации движения руки. Соответственно медленные фазы и скачки ФОКН оказываются не привязанными к периодам этого движения.

Последние результаты позволили по-новому взглянуть на связь ФОКН со зрительно контролируемыми движениями. Однако прежде чем изложить этот новый взгляд, опишем результаты второй серии.

Как уже говорилось, техника регистрации графических движений позволяла «привязать» записи этих движений к циклам ФОКН с достаточной точностью. На рис. 47 и 48 представлены участки ФОКН, соответствующие периодам написания иностранных слов печатными буквами и повторению подписи. На каждой записи в рамке приведен графический протокол — слово так, как оно было написано испытуемым; ниже указаны периоды написания отдельных элементов этих слов.

Первый бросающийся в глаза факт состоит в том, что каждому скачку ФОКН соответствует определенное «событие» в руке. Как правило, это завершение одного и начало другого графического элемента: слова, буквы или части буквы. В обратную сторону это правило не действует: окончание не каждой буквы, тем более не каждой части буквы сопровождается скачком. Таким образом, один дрейф ФОКН может «охватывать» несколько отдельных движений, объединяя их в более крупные «единицы». Величина этих единиц варьирует: от целого слова до части буквы и даже до остановки руки перед буквой (или ее частью). В случае подписи обнаруживается отчетливая тенденция к укрупнению единиц: на одну подпись постоянно приходится не более одного-двух дрейфов ФОКН.

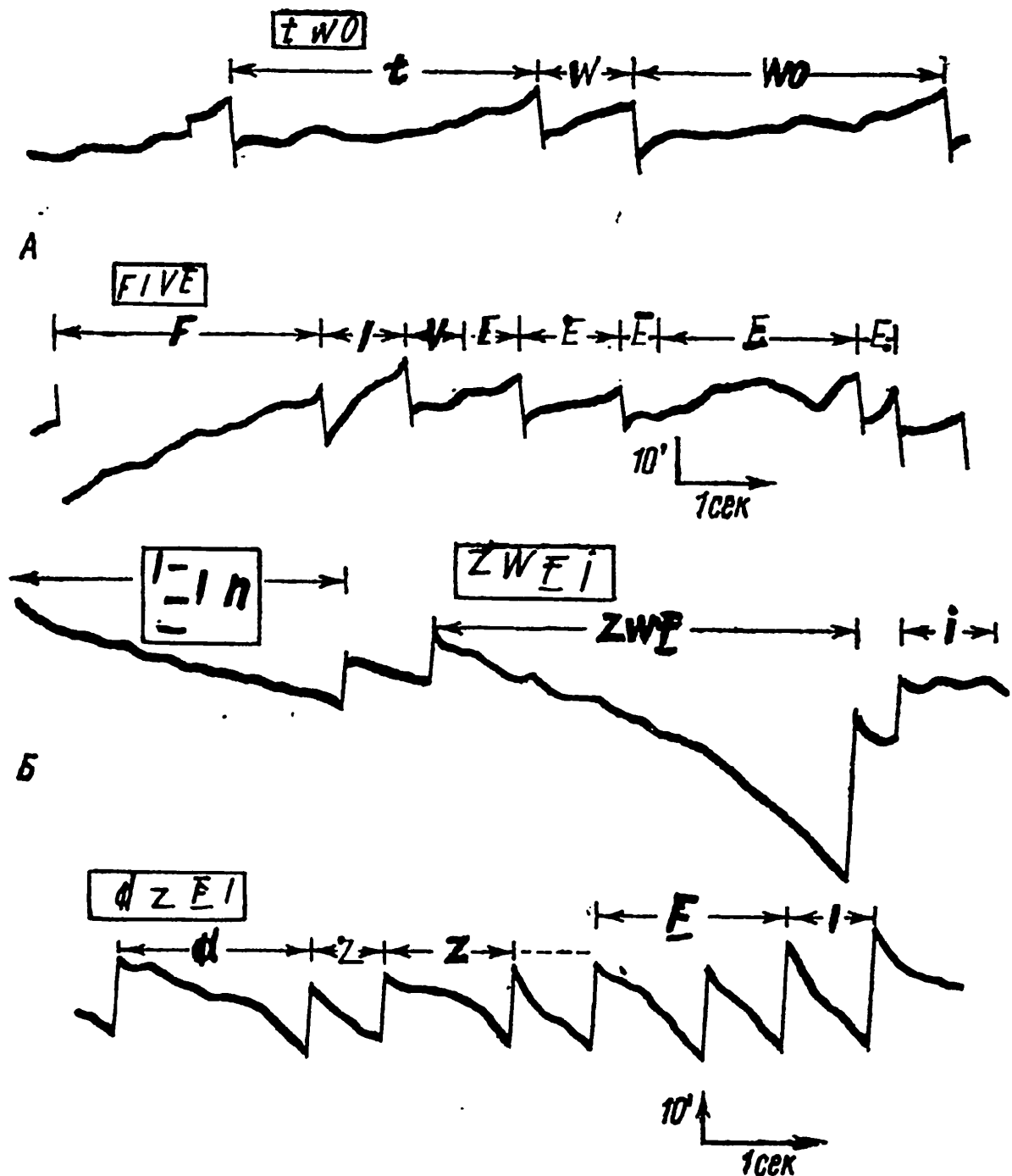


Рис. 47. ФОКН и графические движения при инструкции писать иностранные слова печатными буквами (А — исп. Л. П., Б — исп. А. П.).

В рамках приведены графические протоколы опытов. Стрелками указаны участки ФОКН, которым соответствует написание отдельных букв или их элементов (жирные линии). Тонкими линиями достроены недостающие части букв

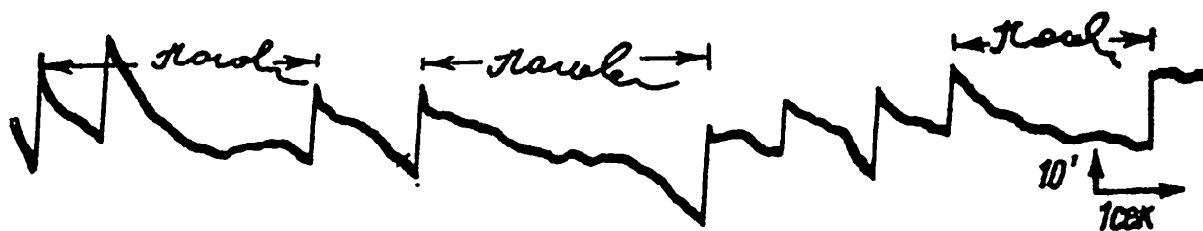


Рис. 48. ФОКН и графические движения при инструкции повторно воспроизводить собственную подпись (исп. Л. П.)

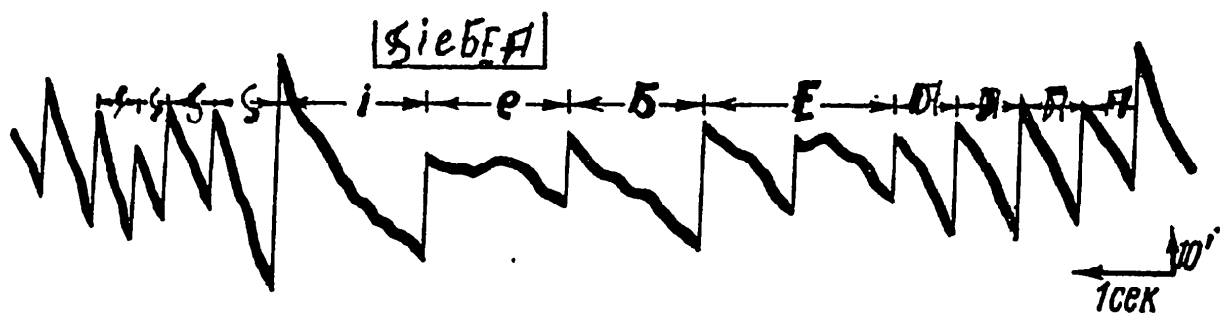


Рис. 49. ФОКН при забывании написания букв S и N (исп. Л. П.).
Обозначения те же, что и на рис. 47

В отношении скорости медленных фаз определенных закономерностей не наблюдается: при печатных буквах она не меньше, чем при подписи. Скорость варьирует, иногда очень заметно, в пределах одного дрейфа.

Интересный факт был получен в опытах с испытуемой Л. П. Эта испытуемая время от времени забывала, как пишется та или иная иностранная буква. На рис. 49 приведен отрывок опыта, где это случилось дважды: в слове «SIEBEN» испытуемая не смогла сразу вспомнить, как пишутся буквы S и N (об этом она сообщила в конце опыта), и это отразилось на написании букв (см. слово в рамке). Анализ временной развертки слова совместно с ФОКН показал, что на указанные моменты затруднения ФОКН «отреагировал» специфическим образом: частыми короткими циклами с большой скоростью медленных фаз, причем каждый дрейф пришелся на отдельный, очень drobный элемент буквы.

Итак, результаты второй серии подтвердили факт, наметившийся в первой серии: циклы ФОКН, действительно, отделяют какие-то единицы движений. Было высказано предположение, что эти единицы отражают «порции» произвольного контроля за последовательными этапами решения задачи, т. е. являются единицами целенаправленной деятельности. Для проверки этого предположения были организованы специальные эксперименты, которым посвящен следующий параграф.

В заключение сделаем несколько замечаний. Приступая к изложенному в данном параграфе исследованию, мы предполагали определить степень участия зрения в движениях прежним способом — путем усредне-

ния количественных параметров ФОКН на протяжении сравнительно больших периодов времени. Такой статистический подход к параметрам ФОКН до сих пор не только оправдывал себя, но и казался единственно возможным. Вместе с тем мы постоянно чувствовали, что этот метод потенциально более богат и может быть использован для более тонкого анализа процессов деятельности. Не сразу, однако, были видны методические пути решения этой задачи. Дело в том, что все виды психической деятельности, использовавшиеся до сих пор в наших исследованиях, не допускали объективной регистрации ее непосредственного хода. В результате приходилось ограничиваться представлением о структуре и динамике деятельности с той мерой точности, которую допускали логический анализ и самонаблюдение испытуемых и экспериментаторов, ставивших себя в положение последних. Двигательные же задачи представляют уникальный материал, поскольку позволяют непрерывно объективно регистрировать ход их решения. В результате применение ФОКН к движениям открыло новую возможность сопоставительного анализа двух динамик: ФОКН и непосредственного хода решения основной задачи.

§ 4.6.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЕДИНИЦ ГРАФИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В предыдущем параграфе был описан новый факт — совпадение быстрых фаз ФОКН, регистрируемого в процессе решения графических задач с моментами завершения некоторых графических элементов. Каждый скачок ФОКН приходился на окончание какого-то движения, но не каждое отдельное движение заканчивалось скачком. В результате между двумя соседними скачками оказывалась некоторая группа или объединение графических элементов («блоки» движений). Величина блоков оказалась изменчивой: более автоматизированные движения давали более крупные блоки. Напротив, при затруднении графического воспроизведения букв эти блоки чрезвычайно дробились. На осно-

вании полученных фактов было сделано предположение, что циклы ФОКН членят процесс деятельности на функциональные единицы — последовательные этапы решения задачи. Для проверки этой гипотезы нами были проведены специальные эксперименты (Гиппенрейтер и др., 1975).

Предварительно отметим особенность положения, в котором оказывается исследователь, пытающийся искать объективные критерии структурных единиц деятельности. Дело в том, что мы не располагаем пока твердыми критериями принадлежности того или иного акта к уровню действий, частных действий, операций и др. Относительно деятельностного ранга процесса мы можем строить лишь вероятные предположения, используя общие определения основных «образующих» деятельности, а также известные к настоящему времени закономерности их формирования и динамики. Поэтому, выясняя способность того или иного индикатора отражать структурные единицы деятельности, исследователь вынужден сопоставлять объективно регистрируемые процессы с лишь *предполагаемыми* единицами деятельности. Принципиальная невозможность формально точных доказательств не должна разочаровывать: есть способы повышения достоверности утверждений. Один из них — согласованность результатов, полученных по различным индикаторам, другой — проверка одного индикатора на более широком круге задач. В настоящей работе мы использовали второй путь.

Испытуемым предлагались графические задачи, которые варьировали по ряду параметров. Вариация каждого из них и составляла основной методический прием. Вариации были рассчитаны либо на заданное членение процесса графической деятельности на определенные функциональные единицы, либо на естественную динамику объема этих единиц. Основными приемами были: подбор и усложнение графических задач, повторение, изменение темпа и некоторые другие.

Испытуемый помещался перед экраном $35^\circ \times 35^\circ$, на который проецировались фиксационная точка и движущийся фон — вертикальные черно-белые полосы. Испытуемый должен был фиксировать точку и одновременно решать графические задачи. В правой руке он держал карандаш и чертил им, не отрывая карандаша от бумаги и не глядя на руку. В ходе опыта производилась регистрация фиксационного оптокинетического нистагма (фотооптическим способом) и графических движений руки.

Всего использовалось 7 различных задач.

Первая задача была наиболее простой: испытуемому предлагалось монотонно чертить на бумаге одну вертикальную линию, двигая карандашом вверх-вниз. Во второй задаче испытуемый должен был производить те же движения, постепенно смещая руку вправо. Эта задача представляла, по существу, пространственную развертку первой. В третьей задаче повторялись движения второй задачи, однако в произвольные моменты времени нужно было менять наклон штрихов. В четвертой, пятой, шестой задачах предлагалось чертить простые фигуры, соответственно «пилу», «прямоугольный узор», «ступенчатые пирамиды». В седьмой задаче испытуемые должны были графически воспроизвести хорошо знакомый маршрут, например путь воображаемого перехода от факультета до ГУМа. При этом их просили соблюдать углы поворотов. В дополнительных пробах усиливалась метрическая сторона той же задачи: испытуемых просили следить за правильным воспроизведением не только углов поворотов, но и масштабов расстояний.

Как уже говорилось, испытуемых дополнительно просили повторять одну и ту же пробу по несколько раз, менять темп, метрику движений и т. п. После каждого опыта производился тщательный опрос испытуемых о замеченных ими дополнительных деталях, обстоятельствах, способах действий.

Характеризуя перечисленные задачи, можно заметить, что первые две задачи наиболее просты — и по графическому рисунку, и по двигательному составу (монотонные повторяющиеся движения). Третью задачу характеризует наличие структурных единиц первого порядка (отдельные движения вверх и вниз) и второго порядка (группы движений вверх-вниз до смены наклона). Начиная с четвертой задачи появляются элементы формы. Четвертая, пятая и шестая задачи подбирались по интуитивно понимаемому постепенному усложнению формы. Седьмая задача явно рассчитана на присутствие пространственного образа-представления.

Сопоставление записей движений руки и ФОКН в первой задаче показало, что скачки глаз происходят как в моменты остановок, так и по ходу движения руки (табл. 4—6).

Как видно из таблицы, на движения и остановки приходится в среднем одинаковое количество скачков ФОКН⁹. Иными словами, скачки ФОКН не привязаны к каким-либо фазам движений.

В табл. 4—7 приводятся аналогичные данные по второй задаче. Они показывают возрастание количества скачков ФОКН, происходящих в периоды остановок руки (в среднем 73%).

⁹ Специальные замеры показали, что суммарные длительности остановок и движений приблизительно равны; это дало основание непосредственно сравнивать проценты количества скачков, происходящих на эти периоды.

Таблица 4—6
ПРОЦЕНТЫ СКАЧКОВ ФОКН
В ПЕРИОДЫ ОСТАНОВОК
И ДВИЖЕНИЙ РУКИ
В ПЕРВОЙ ЗАДАЧЕ

Испытуемые	Скачки во время остановок	Скачки во время движения
П. Л.	50	50
П. А.	49	51
А. Т.	51	49
В среднем	50	50

Таблица 4—7
ПРОЦЕНТЫ СКАЧКОВ ФОКН
В ПЕРИОДЫ ОСТАНОВОК
И ДВИЖЕНИЙ РУКИ
ВО ВТОРОЙ ЗАДАЧЕ

Испытуемые	Скачки во время остановок	Скачки во время движения
П. Л.	80	20
П. А.	66	34
А. Т.	72	28
В среднем	73	27

Во всех задачах, начиная с третьей, практически все скачки приходились на периоды остановки руки.

Рассмотрим в этих задачах отдельно первые пробы (рис. 50, пункты а)¹⁰.

В первой пробе третьей задачи скачки происходят в местах окончания единиц как первого (отдельные штрихи), так и второго (штрихи одного направления) порядков. В четвертой задаче последовательные скачки ФОКН с удивительной закономерностью объединяют линии в пары, которые начинаются и заканчиваются в нижних точках ломаной линии. В пятой задаче скачки приходятся на каждый графический элемент. Напротив, в шестой задаче видно объединение элементов в более крупные блоки, содержащие по три и даже по шесть элементов. При этом в рисунке видны сглаженные углы, свидетельствующие о том, что переход от одного направления к другому испытуемый иногда осуществляет более плавными движениями, чем в предыдущих задачах.

Во всех задачах наблюдается влияние на частоту скачков повторения проб (тот же рис., пункты б). В повторных пробах скачки встречаются реже, однако по-прежнему только в местах завершения графических

¹⁰ Рисунки представляют собой графические протоколы опытов, т. е. траектории движений карандаша испытуемых. Точками и цифрами обозначены места — моменты возникновения скачков ФОКН. Они выявлены путем сопоставления синхронных записей движений руки и глаз испытуемых.

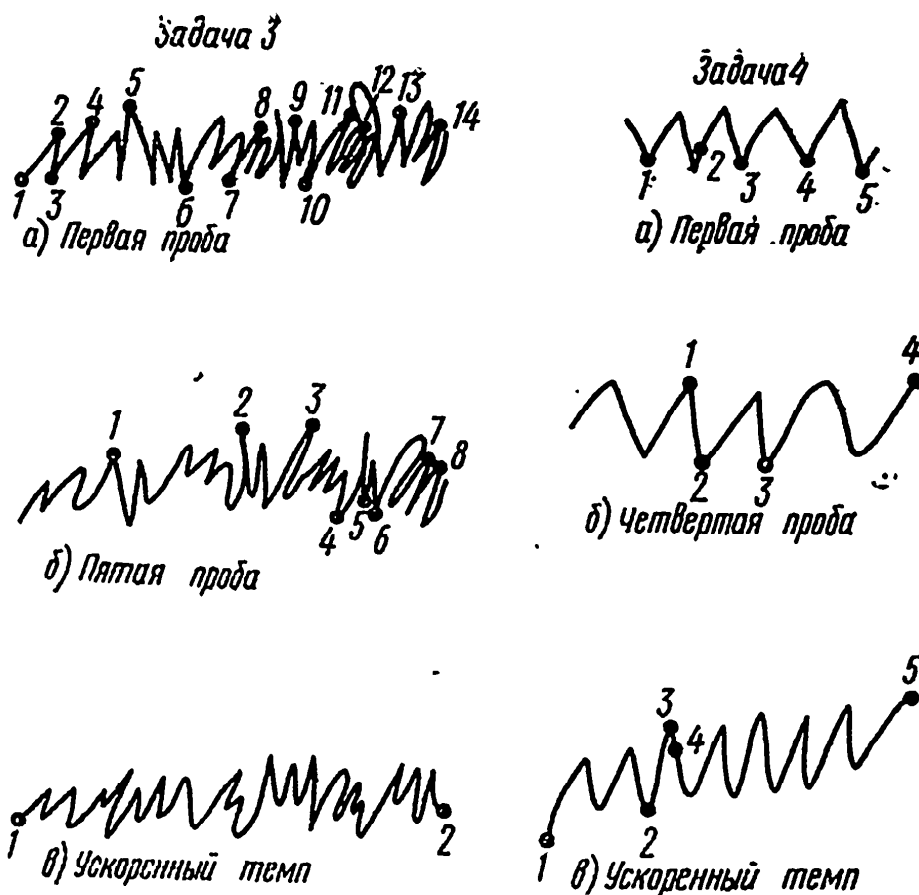
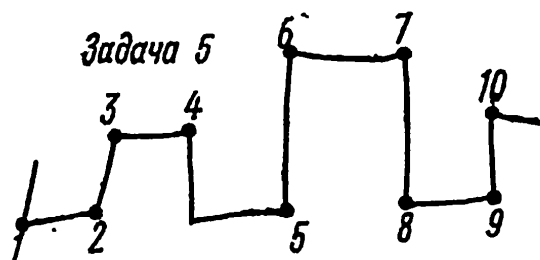


Рис. 50. Места последовательных скачков ФОКН
 нии различных графических задач — в первых пробах,

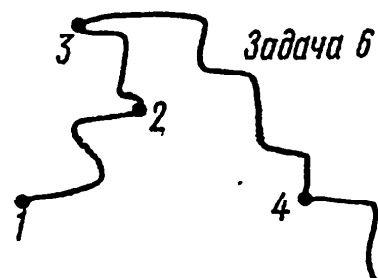
элементов. В результате наблюдается укрупнение порций движений, «охватываемых» одним циклом ФОКН.

Еще более сильное влияние на динамику скачков оказывает ускорение темпа (рис. 50 пункты в). В промежутках между скачками оказывается уже по 5—10 элементов (четвертая и пятая задачи). Иногда же вся задача решается в течение одного цикла ФОКН: скачки происходят лишь в начале и в конце ее решения (третья и шестая задачи). Особенно бросается в глаза в этих случаях уже отмечавшаяся тенденция к закруглению прямых углов. Некоторые рисунки становятся практически другими: в них графические элементы даже в формальном смысле теряют свою обособленность (пятая и шестая задачи).

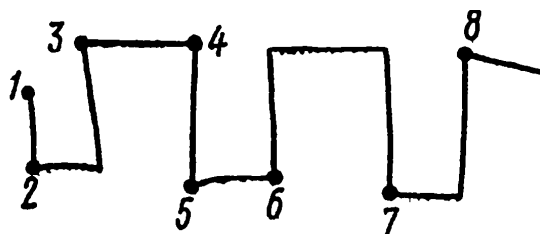
Основной результат в седьмой задаче тот же: быстрые фазы ФОКН наблюдаются лишь в местах завершения отдельных этапов маршрута (рис. 51, а). Однако в отличие от предыдущих задач повторение проб не



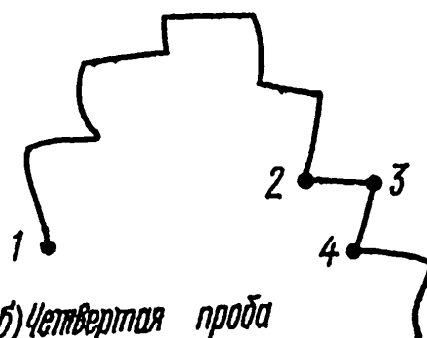
а) Первая проба



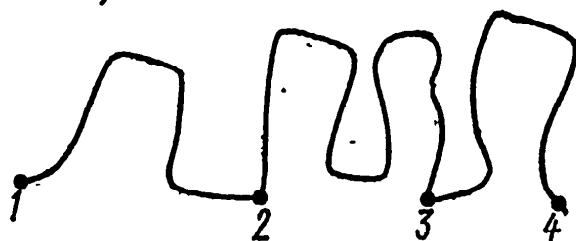
а) Первая проба



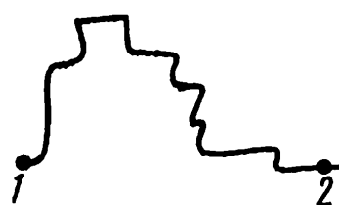
б) Вторая проба



б) Четвертая проба



в) Ускоренный темп



в) Ускоренный темп

(обозначены черными точками и цифрами) при решении при повторении и при ускорении темпа (задачи 3—6)

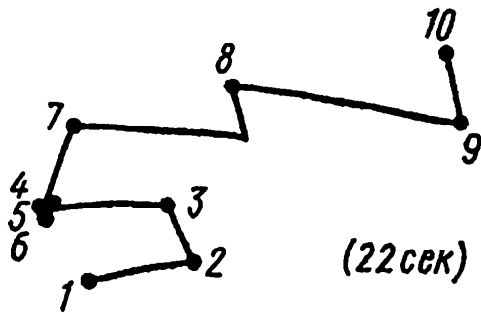
приводит к исчезновению скачков ни в одном из указанных мест (рис. 51,б). При инструкции «пробежать» маршрут время решения всей задачи сокращается более чем вдвое, однако количество скачков и их локализация остаются теми же (рис. 51,в).

Особое место занимают результаты дополнительных проб, содержащих инструкцию соблюдать масштабные отношения маршрута: скачки ФОКН в них появляются в процессе движения (рис. 51,г). При этом количество скачков увеличивается более чем вдвое, хотя время решения задачи по сравнению с первой пробой возрастает лишь в полтора раза.

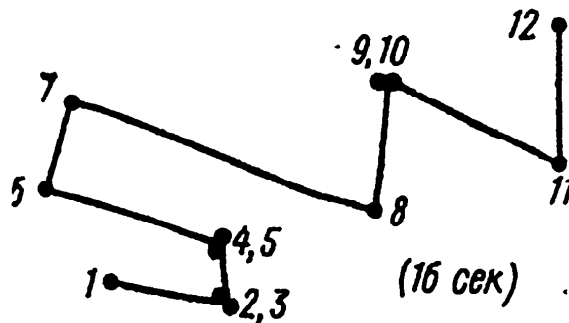
Рассмотрим изложенные результаты с точки зрения поставленной в исследовании задачи.

Чтобы быть структурными единицами деятельности, периоды решения графических задач, заключенные между скачками ФОКН, должны обладать свойствами целостных образований, т. е. иметь достаточно опреде-

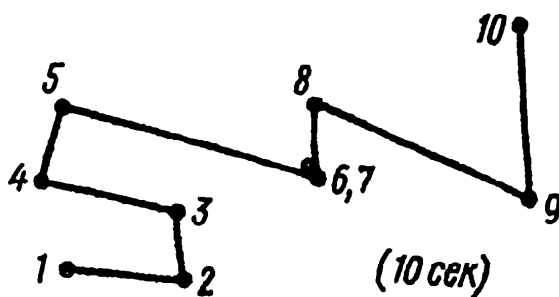
Задача 7



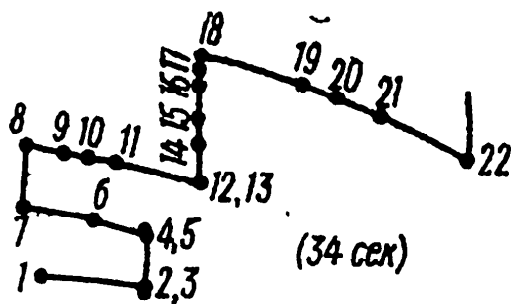
а) Первая проба



б) Четвертая проба



в) Задача „пробежать по маршруту“



г) Инструкция „соблюдать масштабы“

Рис. 51. Места последовательных скачков ФОКН при решении задачи 7 в разных пробах и при разных инструкциях (в скобках указаны длительности проб)

ленные начало и конец. Мы видим, что это действительно так: во всех задачах, кроме первой, частично второй и усиленного метрического варианта седьмой задачи, названные периоды имеют четкие границы, которые совпадают с остановками руки.

Исключения в первой и частично второй задачах легко объясняются характером движений: это движения монотонные, однообразные, ритмичные, не соотнесенные (или слабо соотнесенные) с внешним пространством. Процесс решения таких задач вряд ли можно представить себе как последовательность действий. Ведь каждое действие имеет свою, самостоятельную цель. Монотонные же движения отвечают одной цели: непрерывно повторять то же самое. Сознательные усилия здесь могут ограничиться лишь «запуском» движений и контролем за их повторением. Управление же отдельными движениями спускается, по видимому, на технический

уровень «штампов и синергий» (Бернштейн, 1947), т. е. уходит из сознания. Метрический вариант задачи, наоборот, предполагает появление дополнительных действий, так как содержит «задачу в задаче»: при прохождении маршрута — соблюдать масштабные отношения. Скачки во время этих движений можно объяснить дроблением крупных этапов маршрута на более мелкие метризованные участки пути и соответственно дроблением отдельных действий на более мелкие частные действия.

Рассмотрим следующий результат: различие числа формальных графических элементов, отделяемых скачками ФОКН в первых пробах разных задач. Можем ли мы связать его с предполагаемым различием величины структурных единиц деятельности? На наш взгляд, да. Так, третья задача впервые оформляет монотонные движения первой и второй задач во временную структуру. Последняя определяется требованием периодической смены наклона штрихов. В соответствии с этим требованием испытуемый должен периодически ставить промежуточную цель «сменить направление движений» и реализовать ее конкретным действием. Таким образом, группы штрихов одного направления можно представить себе как продукт одного частного действия. Такому представлению вполне соответствует распределение скачков: они практически совпадают с окончанием движений одного направления. Особенно четко эта закономерность начинает проступать после двух-трех повторений (см. рис. 50, б), что можно рассматривать как результат «становления» действия. Уменьшение числа графических элементов, заключенных между скачками, в четвертой задаче до двух и в пятой — до одного (в первых пробах) можно связать с появлением «геометричности», т. е. пространственной оформленности движений. Если в предыдущей задаче испытуемые *чертили штрихи*, то в этих задачах они *рисуют узоры*. Для узора важно соблюдать величину и направление каждого графического элемента. Однако если конфигурация достаточно проста и монотонно повторяется, то элементы могут слиться, а их воспроизведение — составить одно частное действие. В четвертой задаче такое слияние более вероятно, чем в пятой, так как формальная конфигурация в ней повторяется через каждые два элемента, в то время как в пятой — только через четыре. Шестая задача нарушает последова-

тельное сокращение числа графических элементов в «блоке»: оно снова увеличивается до 3—6. Эта задача была помещена нами в конец описываемого ряда задач на основании интуитивно понимаемой большей сложности рисунка. Однако полученный результат заставил пересмотреть эту оценку: сложность рисунка как зрительной формы, по-видимому, не совпадает со сложностью процесса рисования. И действительно, с точки зрения только что рассмотренных критериев эта задача должна быть помещена, по крайней мере, перед пятой, так как в ней, как и в четвертой задаче, движения повторяются через каждые два элемента.

Особенно мы хотим отметить результаты проб с ускоренным темпом. Эти пробы дают возможность не только предполагать структурные изменения графической деятельности, но и видеть прямые доказательства их: плавные линии и закругленные углы говорят об образовании более крупных, слитных движений. В этом случае мы получаем подтверждение «общей судьбы» скачков ФОКН и действий со стороны объективных свойств самих действий.

Исключения, представленные пробами с ускоренным темпом в седьмой задаче, в действительности подтверждают этот результат. По типу афферентации эта графическая задача существенно отличается от предыдущих. Если в четвертой, пятой и шестой задачах программа движений представлена геометрической формой-узором, то здесь она имеет вид зрительно представляемого образа реальной местности. «Геометрия» этого образа зависит от предметных отношений — формы и расположения домов, улиц, проходов и переходов. Рисуя очередной элемент *узора*, испытуемый должен ориентироваться на направление и длину предыдущей линии; воспроизводя очередной этап *маршрута*, он должен заботиться о совпадении метрических характеристик движения с такими же характеристиками предметного образа. Таким образом, если в узоре может выработаться двигательная формула на два и более последовательных этапа, сливающая их в одно действие, то в «маршрутной» задаче такому слиянию препятствует опосредствование каждого движения образом соответствующего участка пути. Чтобы движения здесь могли сливаться, маршрут должен был превратиться в геометрическую фигуру. Такого результата,

по-видимому, можно было бы добиться, предлагая испытуемому «зазубрить» маршрут. Однако это означало бы изменить тип задачи — свести ее к задачам предыдущего класса.

Итак, испытуемый «бежит» по отдельному участку пути вдвое быстрее, однако в конце каждого участка четко заканчивает одно действие и переходит к следующему. Такое представление подтверждает полное отсутствие закруглений в углах поворотов. Одновременно мы видим регулярное возникновение скачков в указанных пунктах.

В качестве общего итога исследования можно сказать, что периоды деятельности, «отделяемые» последовательными скачками ФОКН, подчиняются тем же закономерностям, что и макроструктурные единицы деятельности. Поэтому регистрация ФОКН может использоваться как метод анализа временной структуры потока деятельности.

ГЛАВА V

Движения глаз в деятельности человека

Рассмотрим результаты теоретического и экспериментального анализа движений глаз как компонентов целенаправленной деятельности человека. Попытаемся показать, с одной стороны, как общие представления о содержании и строении деятельности помогают понять основные характеристики движений глаз; с другой — как регистрация и анализ движений глаз позволяют обратиться к решению более общей психологической задачи: исследованию процессов деятельности, их ранга, состава, структуры, динамики. При этом мы будем касаться в основном оригинальных (теоретических и экспериментальных) результатов, а также тех, которые позволили сформулировать нашу точку зрения на вопросы, остающиеся пока дискуссионными.

§ 5.1.

ГЛАЗ КАК ДВИГАТЕЛЬНЫЙ ОРГАН

В первой главе мы попытались развить представление о глазе как о двигательном органе. Это представление не противоречит естест-

венному взгляду на глаз как на орган зрения, однако не совпадает с ним.

Теперь мы можем подвести итоги рассмотрения работы глаза в качестве двигательного органа.

Рабочая точка глаза. Существенным понятием, описывающим функционирование любого двигательного органа, является «рабочая точка». Рассмотрим это понятие в отношении глаза. Для этого воспользуемся аналогией с рукой. Как известно, рабочая точка руки может помещаться на кончике указательного пальца или же в случае орудийных движений перемещаться на конец орудия: пера, кисти, зонда и т. п. (Бернштейн, 1947). Рабочую точку глаза можно было бы локализовать в центре фовеа: именно это место мы направляем на точку, когда фиксируем ее, следим за ней и т. п. Но правильнее поместить ее на конец зрительной оси — в то место, где она пересекается с плоскостью объекта¹. Тогда аналогия с рукой будет более полной: зрительная ось будет выступать в роли своеобразного «зонда», концом которого глаз, как и рука, может «проходить» по контуру фигуры, «останавливаться» в определенной точке зрительного поля, «перебирать» детали объекта и т. д. Идея именно такого «орудия» и заложена в классическом сравнении глаза с щупалом (Сеченов, 1952).

Однако между зондом, управляемым рукой, и зондом — зрительной осью имеются глубокие различия. Они определяются тем, что если первый материален и видим, то второй — нематериален и невидим. Конечная указка, которую мы направляем в цель, является наряду с этой целью вторым видимым объектом. Попасть указкой в цель — значит подвести к этой цели конец видимой указки или, иными словами, совместить под контролем зрения оба видимых объекта. В отличие от указки зрительная ось не имеет оптического представительства, и тем не менее мы всегда знаем, куда она направлена! В то место, в которое *мы смотрим*. Чтобы навести рабочую точку глаз на цель, достаточно просто посмотреть на нее. Действуя указкой, мы видим цель и пространственное положение рабочей точки относительно нее; если конец указки и цель не совпа-

¹ Для условий бинокулярного зрения — это точка пересечения зрительных осей обоих глаз.

дают, то вносятся коррекций за счет движений руки. Действуя глазом, мы не столько *видим* цель, сколько *смотрим на нее* — и благодаря этому сразу совмещаем с целью рабочую точку. Отсюда решение глазодвигательных задач сводится к организации движения взора.

В этом месте мы хотим предупредить возможное недоумение. Начав с выделения класса глазодвигательных задач, мы пришли, казалось бы, к парадоксальному выводу, что процесс их решения сводится к организации движения взора. Но движение взора характеризует решение большинства зрительных задач! Так нужно ли настаивать на выделении задач особого класса? Не правильнее ли считать глазодвигательные задачи разновидностью задач рассматривания? Вопрос достаточно тонкий, и все-таки попытаемся на него ответить.

Известно, что основанием для классификации задач является характер цели (Леонтьев, 1965, 1975). С этой точки зрения движения взора, производимые ради рассматривания, и движения взора, производимые ради самого движения, точнее, выполнения двигательной инструкции, принадлежат к задачам разного класса. И различие это не только формальное. Оно подкрепляется рядом важнейших фактических различий.

Прежде всего это — *внешняя динамика взора*. Мы видели, что траектория движений глаз при решении глазодвигательных задач отражает геометрию или, по крайней мере, топологию объекта (последнее, например, в задаче зрительного счета — см. § 1.5, 1.6). При решении же зрительных задач траектория зависит от распределения информативных точек, далеко не всегда совпадающих с общей конфигурацией объекта (см. § 2.1—2.4).

Еще более существенны различия во *внутренней динамике взора*. Когда мы говорим о взоре, то имеем в виду процесс активного смотрения, который включает два различных аспекта: позно-двигательный (взор направляется, удерживается, устремляется) и собственно зрительный. Понятие «взор» объединяет оба аспекта в единый слитный акт. Однако внутри этого акта возможны вариации как отдельных «составляющих», так и отношений между ними.

Зрительный компонент взора может меняться по нескольким параметрам. Одним из них является сте-

пень содержательности или, наоборот, степень формальности зрительного процесса. Хотя тонкие изменения зрения по этому параметру трудно уловимы, различия его крайних вариантов ощущаются нами вполне отчетливо. Когда мы останавливаем взор с двигательной целью, то нас интересует только *место*, куда он направлен: как уже говорилось, видеть место — и значит знать положение рабочей точки глаза. «Смотрение на место» переживается как достаточно формальный, малосодержательный акт. Напротив, при остановке глаза со зрительной целью мы видим уже не «место», а заключенное в нем *зрительное содержание*. Процесс приобретает качественно иной характер. Таким образом, глазодвигательные задачи отличаются от зрительных задач формальностью зрительного процесса, отвлечением от зрительного содержания того места, куда направлен взор.

Если различия в зрительных аспектах взора обнаруживаются преимущественно методом самонаблюдения, то различия его двигательной составляющей имеют вполне материальную форму и выявляются с помощью объективной регистрации. В § 4.2 было показано, что одно только изменение цели фиксации ведет к драматическим изменениям ее двигательной основы, представленной произвольными микродвижениями глаз.

Наконец, в разбираемых классах задач различны отношения зрительного и двигательного компонентов взора. Если в глазодвигательных задачах видение объекта обслуживает фиксацию и движение глаз, то в зрительных задачах, наоборот, фиксация и движение глаз обслуживают видение объекта.

Все сказанное справедливо лишь в общем виде. Если же взять отдельные моменты решения задач, то в них могут происходить локальные смены цели, или локальные переформулировки задачи. Если, например, место, в которое «пришел» глаз, следуя двигательной инструкции, привлечет внимание наблюдателя каким-нибудь неожиданным видом, то он невольно переключится на решение зрительной задачи. Тогда зрительные и двигательные аспекты взора поменяются местами: если раньше глаз смотрел, чтобы фиксировать, то теперь он будет фиксировать, чтобы смотреть. Однако, «вклинившись» в решение глазодвигательной задачи,

такой содержательный зрительный процесс должен в следующий момент снова уступить место «формальному смотрению», а описанные отношения — снова обернуться: если субъект не отказался от задачи, перцептивная логика будет неминуемо перебита двигательной. Так, например, место следующей фиксации с большой вероятностью определится заданным маршрутом движения, а не информационной значимостью соответствующего места.

Итак, класс глагодвигательных задач не только имеет право на существование, он обязательно должен быть выделен, чтобы целый ряд фактов из области макро- и микродвижений глаз получил свое объяснение. Это, однако, возможно при осознании глубокого своеобразия способа функционирования рабочей точки глаза.

Вернемся к этой теме. Понимание рабочей точки как места направления взора позволяет обсудить вопрос о ее размерах, или, образно говоря, об остроте «зонда», которым оперирует глаз.

Во многих случаях выражение «рабочая точка» вполне оправдано, так как размер ее (зона взора) приближается к «точечному». Это подтверждают наши эксперименты, изложенные в § 1.3. В них было показано, что инструкция переводить взгляд с точки на точку, находящуюся на расстоянии $2'$, приводит к отчетливой смене позиции глаз. Это значит, что, по крайней мере, в условиях указанной задачи диаметр рабочей точки глаза был не более $1-2'$. Иногда, однако, рабочая точка может превращаться в «зону» или «плоскость». Например, считая крупные объекты — дома, деревья, студентов в аудитории, мы бросаем достаточно «широкий» взгляд на каждый из них. По-видимому, размеры объекта диктуют ширину, а может быть, и форму рабочей зоны. Иногда же в силу своих свойств объект не может выполнить этой функции (гомогенное поле, однородный узор и т. п.), тогда зрительная система формирует рабочую зону сама в зависимости от требований задачи и внешних условий. В качестве примера можно привести задачу пройти плавно глазами по линии. Известно, что в действительности глаза по линии идут скачками, которых, однако, испытуемый не замечает: ему кажется, что прослеживание проходит плавно и непрерывно. Такое впечатле-

ние легко объяснить, если предположить, что наблюдатель «ведет» по линии не точку, а некоторую рабочую зону. Он смотрит сразу на все точки линии, специально не выделяя никакой из них. Амплитуда движений глаз такова, что рабочие зоны при соседних фиксациях частично накладываются друг на друга. Это обеспечивает последовательное видение всех точек линии, а отсюда — и впечатление плавности прослеживания. Видением области, а не точки можно объяснить также ту небрежность, с которой глаза проходят по контуру фигуры, срезая углы, останавливаясь не строго на линиях, и т. п. (см. рис. 1,Б).

Мы уже упоминали предложение Р. Доджа заменить термин «точка фиксации» термином «зона фиксации». Судя по экспериментам, которые проводил Р. Додж, он имел в виду зону параллельно работающим зрительным входам (по нашей терминологии, «оперативное поле зрения» — см. § 2.4). Здесь мы пытаемся провести дальнейшие различия.

Можно говорить о существовании «точечного» и «зонного» *зрительных входов*; здесь же речь идет о существовании «точечного» и «зонного» *двигательных выходов*.

Точечный вход довольно нетипичен для зрения — и в этом Р. Додж совершенно прав. Точечный выход наблюдается чаще, особенно в искусственных условиях лабораторных экспериментов с их излюбленными объектами — световыми точками. В более естественных условиях двигательные выходы глаза обнаруживают чрезвычайную гибкость: они оказываются способными подстраиваться под размеры и форму любого объекта. Такое свойство материального орудия выглядело бы поистине волшебным!

Понятие «двигательные выходы» глаза лишний раз подчеркивает принципиальное своеобразие функционирования его в качестве моторного органа. По существу, оно является синонимом рабочей точки (или рабочей зоны) и содержит лишь дополнительный оттенок — указание на вектор основного процесса: направленность его от субъекта к объекту. Теперь можно перейти к вопросу об афферентации глазных движений, т. е. об афферентных входах, обслуживающих движения глаз.

Роль зрения в организации глазных движений

Одна из особенностей системы организации и управления движениями глаз — чрезвычайно слабая глазная мышечная проприоцепция. Этим глазодвигательная система существенно отличается от системы управления движениями руки. Известно, что проприоцептивная система может обеспечивать такие тонкие и точные ручные операции, как, например, игра пианиста, движения вязальщицы, письмо и т. п. Напротив, на основе только проприоцептивной афферентации, т. е. в полной темноте, глаза делают неточные скачки, плохо удерживают заданную позицию, не способны воспроизвести контуры простейших фигур и т. п. (см. рис. 1, Г).

Примерно то же происходит на свету, когда зрительные свойства объекта не позволяют его отдельным элементам афферентировать движения глаз. Было показано, что в этих случаях точность фиксаций и скачков определяется разрешающей способностью проприоцепции глазных мышц (см. § 1.5). Слабое развитие глазной мышечной проприоцепции объясняется постоянной параллельной работой второй, гораздо более мощной афферентной системы — зрения.

Если мы можем отключить зрительный контроль от движений руки и упражняться в совершенствовании движений на основе «мышечного чувства», то в отношении собственных движений глаз это немыслимо. Глаза всегда видят результат собственных движений, что, кстати, и послужило одним из поводов для характеристики зрения как «проприоцептора в широком смысле» (Бернштейн, 1947; Шеррингтон, 1969), а также введения понятия «зрительные кинестезии» (Gibson, 1966).

Итак, обсуждая вопрос об афферентных входах, обслуживающих организацию движений глаз, приходится ограничиваться преимущественно зрительной стимуляцией.

Выше говорилось, что двигательные выходы, или рабочая точка, локализуются в центральной области сетчатки и соответственно занимают центральное положение

ние в поле зрения. В отличие от них зрительные входы, через которые «запускаются» движения глаз, скорее тяготеют к периферии. В совокупности эти входы образуют афферентационную зону сетчатки, или, в терминах внешнего пространства, афферентационное зрительное поле. Размеры афферентационного поля и рабочей зоны, как правило, не совпадают: первое обычно шире второй. В крайней форме это наблюдается при задаче перевести глаза на точечный периферический стимул. Рабочая зона в этой задаче соизмерима с точкой, а афферентационное поле расширено до границ всего поля зрения: ведь с любого пункта этого поля может быть вызван скачок или поворот глаз. Наличие промежуточных скачков в составе поворотов больших угловых размеров, а также скачков поправочных, уточняющих положение глаза вблизи цели (Ярбус, 1965; Гуревич, 1971), свидетельствует о том, что афферентные входы в обсуждаемой задаче находятся не только на периферии, но распределены по всей поверхности сетчатки, за исключением «зоны нечувствительности» в центре фовеа (Глезер, 1959), или, по нашей терминологии, проекции на фовеа рабочей точки глаза.

Небольшой участок в центре обширного поля не единственный вариант пространственного соотношения рабочей зоны и афферентационного поля.

Под влиянием задачи рабочая зона может расширяться, а афферентационное поле, наоборот, сузиться настолько, что окажется внутри рабочей зоны. Такие отношения, по-видимому, складываются при уже упоминавшейся задаче плавно пройти глазами по линии. Можно думать, что здесь каждый скачок глаз запускается участком линии, находящимся не снаружи, а внутри рабочей зоны.

Сигналы с афферентационного поля не только вызывают, но и программируют движения глаз, их направление и амплитуду. Известно, что с периферических участков, отстоящих от точки фиксации на 5, 10 и больше градусов, скачки программируются с большой точностью (Лаурингсон, Щедровицкий, 1965; Гуревич, 1971).

Обсуждение зрительной афферентации глазодвигательных действий было бы неполным, если бы мы не поставили еще один вопрос: а не имеются ли афферент-

ные входы также и в рабочей зоне? Этот вопрос звучит несколько парадоксально после всего сказанного выше: ведь до сих пор рабочая зона характеризовалась как зона эфферентных выходов, или, еще более решительно, как зона нечувствительности. И тем не менее мы должны не только поставить этот вопрос, но и ответить на него утвердительно.

Дело в том, что, говоря выше о зрительных входах, мы имели в виду функцию обслуживания движений глаз — начало и программирование последних. Естественно, что такие входы находятся вне зоны, которая в результате движения направляется на стимул. Зрительные входы, находящиеся в пределах рабочей зоны, имеют прямо противоположную функцию: через них поступают сигналы об остановке глаз, т. е. прекращении их движения. Когда рабочая зона оказывается наведенной неточно на заданную точку (или место объекта), наблюдатель узнает об этом по особому состоянию «незавершенности», или «зрительного дискомфорта», которое хорошо знакомо каждому, кто пытался рассматривать предмет «краем глаза». Когда же рабочая зона оказывается совмещенной с целью, с нее начинают поступать сигналы противоположного свойства: появляется ощущение ясного видения точки. Ясное видение места — этот тот, по выражению Бернштейна, Sollwert², который, как уже говорилось, составляет необходимую принадлежность всякого глазодвигательного акта.

Таким образом, рабочая зона является зоной «нечувствительности» только в том смысле, что смещение цели внутри нее не вызывает движения глаз; напротив, она высокочувствительна в другом смысле: попадание цели внутрь ее вызывает прекращение движений глаз.

Следовательно, рабочая зона одновременно сочетает в себе и двигательные выходы, и контролирующие завершения действия входы. Эта зона обладает способностью не только самонастраиваться, но и самоафферентироваться.

² Sollwert — букв. требуемое значение (нем.).

Двигательное взаимодействие глаз и руки

Обычно, когда речь заходит о совместной работе глаз и руки, глаза рассматриваются как собственно зрительный орган. Их функция состоит в том, чтобы обеспечить ввод зрительной информации, необходимой для организации движений руки и для контроля за их осуществлением. Однако на всю ситуацию можно посмотреть и с несколько иной стороны. Ведь в подобных случаях происходит одновременно построение двух движений, которые могут согласовываться друг с другом по законам двигательной координации. В наших экспериментах было обнаружено, что эта возможность не только существует, но и реализуется.

Один из частных случаев двигательного согласования глаз и руки наблюдался при решении задачи «синхронного копирования» глазом движений рабочей точки руки (см. § 1.4). Результаты исследования позволили предположить, что в условиях этой задачи двигательная система глаз получает копии эффекторных команд, посылаемых к руке. Благодаря этим копиям обеспечивается согласование движений глаза с движением рабочей точки руки по фазе, направлению и амплитуде. При решении задач описанного типа рука, образно говоря, «ведет» за собой глаз.

Такое распределение функций в системе «глаз—рука» не единственно возможное. Отношения между рукой и глазом могут оказаться противоположными. Как раз такой противоположный случай был описан в § 3.1: при организации точностного баллистического движения руки (в большом диапазоне) глаз опережающим скачком намечал точку, в которой должно было завершиться движение руки, т. е. «вел» за собой руку.

Рабочая точка глаза, как и всякого двигательного органа, имеет представительство в схеме тела. Будучи помещена на конце зрительной оси, она одновременно обращена во внешнее пространство и, следовательно, способна «ввести» в схему тела любую его точку. Благодаря этому мы двигательно осваиваем обширное внешнее пространство, используя *законы координации, отработанные в пределах собственного тела.*

Указательный жест руки часто используется в экспериментах для выявления того, насколько точно испытуемый зрительно воспринимает местоположение сигнала. В действительности же зрительная система при этом тесте не производит никаких перцептивных оценок: задача решается за счет двигательной координации двух органов. Этот важный в методическом отношении вывод — одно из следствий описанного механизма.

В § 1.6 был описан еще один вид двигательных отношений глаз и руки. При задаче считать однородные объекты большой плотности включение дискретных движений руки существенно меняло поведение глаза. Анализ показал, что причиной этих изменений была частичная передача движениям руки функции скачков глаз. Этот результат кажется нам принципиальным, потому что показывает возврат функциональной системы зрительного счета к ее онтогенетическому прошлому: когда-то глаз воспринял двигательный опыт руки; в трудных условиях он возвращает ей эти свои функции.

Рассмотрим вопрос о возможном пути становления глазодвигательных (и двигательных-метрических) действий более подробно.

Организованные перемещения взора в пространстве далеко не первый вид двигательной активности глаз, появляющийся у ребенка. Для первых недель жизни характерна рефлекторная прикованность глаз к объекту, известная под названием «спастическая фиксация младенца» (Gesell, 1950). В возрасте около трех месяцев появляются первые движения рассматривания. Однако даже в 3—4 года, несмотря на достаточное развитие глазодвигательной активности, ребенок не может организовать движения глаз сами по себе, без подчинения их зрительным целям. Например, он не справляется с задачей пройти глазами по контуру фигуры, и чтобы заставить его это сделать, приходится прибегать к помощи указки (Запорожец и др., 1967).

В этом же возрасте дети считают предметы, указывая на них пальцем. В наших опытах³ мы предлагали детям 3—4 лет считать мелкие предметы, расположенные довольно близко друг к другу. Дети успешно

³ См.: Гиппенрейтер Ю. Б. О формировании действия зрительного счета (курсовая работа). М., 1952.

справлялись с задачей, если им позволяли пользоваться указательным пальцем. Если же их просили убрать руки за спину и считать глазами, то счет расстраивался. Наиболее находчивые дети начинали в этой ситуации тянуться к предметам носом — и тогда снова добивались успеха. Если на руку надевалась варежка, в которой ребенку не удавалось показать на один предмет, так как варежка устанавливалась против нескольких предметов сразу, то счет снова нарушался. При раздвигании предметов счет восстанавливался, хотя варежка на руке оставалась.

Описанные факты убедительно показывают, что и у младших дошкольников отсутствуют самостоятельные глазодвигательные действия, хотя ручной прообраз их уже освоен. Путь формирования счета «глазами» можно было бы представить себе следующим образом. Сначала глаза просто следуют за рукой; затем они осваивают способ или манеру движений руки, двигаясь одновременно с ней; наконец, движения глаз «отщепляются» от движений руки и обретают самостоятельность. Такое описание намечает, однако, лишь общий путь становления действия. Он нуждается в дальнейшем раскрытии.

Дело, как нам кажется, не столько в освоении глазом «манеры движения» руки, сколько в глубоких преобразованиях самого глазодвигательного акта. При счете пальцем между рукой и глазом возникает строгое разделение функций и одновременно отношения взаимопомощи. Рука производит установку рабочей точки на очередном предмете, зрение контролирует эту установку; когда установка произошла, предмет оказывается выделенным внешним образом из ряда других предметов: он тот, на который указывает палец; тогда зрение осуществляет «ввод» сигнала о данном объекте с последующей его обработкой — присвоением порядкового номера.

Описанный выше «эффект варежки» показывает, что на каком-то этапе организация внешнего выделения объекта совершенно необходима, чтобы он был зрительно воспринят как отдельный элемент ряда. В этом, по видимому, и состоит главная функция руки. При ее устранении глаз должен взять эту функцию на себя. Он не обладает для этого внешними средствами — материальной рабочей точкой, однако может использовать

ее «идеальный» эквивалент — способность активно смотреть на определенное место. Эта способность появляется достаточно поздно, так как она предполагает, как мы уже говорили, абстрагирование от зрительного содержания, т. е. от зрительных перцептивных целей. О пути ее формирования можно строить пока лишь правдоподобные гипотезы. Однако представляется очевидным, что только с появлением этой способности происходит рождение рабочей точки глаза, а вместе с ней и рождение глаза как двигательного органа.

Изложенные представления о генезисе глазодвигательных действий основаны на идеях, заложенных еще И. М. Сеченовым и получивших развитие в теории интериоризации действий в работах советских авторов: Л. С. Выготского, А. Н. Леонтьева, П. Я. Гальперина, А. В. Запорожца и др. Еще более близким контекстом для нас является система взглядов о превращении практических действий в перцептивные, развиваемая А. В. Запорожцем и его сотрудниками (Запорожец и др., 1967).

Как и эти авторы, мы считаем, что способность глаза перенимать опыт внешних действий руки с материальными орудиями и переносить их в перцептивный план является яркой иллюстрацией процесса интериоризации действий. Однако необходимо четко различать глазодвигательные действия и действия перцептивные. Первые в своем формировании обязательно проходят через стадию ручных действий и соответствующих им целей, вторые имеют независимые истоки в виде перцептивных познавательных целей и свою историю формирования.

§ 5.2.

ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ И АКТИВНОСТЬ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ

Под активностью восприятия обычно понимается необходимое участие в акте отражения «встречного» процесса или, иначе, наличие в составе перцептивного процесса «эфферентных звеньев» (см., например, Леонтьев, 1965).

В нашей литературе представление об активном характере восприятия, как правило, связывается с моторными теориями. Наибольшее распространение получили представления, согласно которым образы восприятия формируются в процессе двигательного воспроизведения отражаемого свойства. Мы уже говорили, что именно такую слишком узкую интерпретацию получила «гипотеза уподобления» А. Н. Леонтьева. Двигательно-уподобительную природу перцептивных образов предполагает «праксеологическая» концепция восприятия (Запорожец и др., 1967), согласно которой перцептивные действия происходят из практических действий: при манипулировании предметами в движениях руки «кодируются» свойства этих предметов.

В одном из наших исследований (см. § 2.2) было, однако, показано, что движения глаз могут выступать в качестве необходимого звена процесса решения перцептивной задачи и тем не менее не выполнять «уподобительно-кодирующей» функции.

Для понимания действительной роли движений глаз во многих случаях необходимо учитывать их собственно зрительные следствия. Трансформации, которые претерпевают сетчаточные проекции в результате движений глаз, содержат сведения о существенных свойствах объекта. Ради получения этих сведений и организуются движения глаз.

Заметим, что факт изменения зрительной стимуляции в результате движений глаз уже давно обсуждается в физиологической литературе (Бернштейн, 1947; Шеррингтон, 1969). И хотя давно подчеркивается роль этих изменений в образовании различных перцептивных эффектов (Holst, Mittelstadt, 1950; Platt, 1960; Held, Hein, 1963; J. Gibson, 1966), сторонники моторных теорий о них, как правило, умалчивают. Скажем более резко: для чисто моторных теорий восприятия экстероцептивные следствия движений глаз как бы вовсе не существуют. В то же время учет этих следствий позволяет объяснить все те факты, в интерпретации которых моторная теория остается как будто бы единственно верной.

Наиболее впечатляющие из них — результаты исследований Дж. Тейлора, Л. Фестингера и других (Taylor, 1962; Festinger et al., 1967; Slotnick, 1969), которые уже упоминались выше (см. вступление к гл. II): Эти

авторы показали, что при наблюдении прямой линии через помещенную на глаз искривляющую линзу (в результате чего линия казалась дугообразной) активные движения глаз по прямой траектории приводили к восстановлению правильного восприятия: спустя некоторое время линия из дугообразной превращалась снова в прямую. Этот результат интерпретируется как решающее доказательство вклада моторных команд в зрительное восприятие формы (движения глаз по прямой — образ прямой).

Авторы, однако, упускают еще одну интерпретацию в духе гипотез Плэтта (Platt, 1966) и Дж. Гибсона (J. Gibson, 1966), согласно которым образ прямой определяется не формой сетчаточной проекции, а тем фактом, что в результате движений глаз сетчаточные проекции остаются неизменными, претерпевая лишь параллельные смещения.

Когда в описанных опытах с искажающими призмами глаза испытуемого двигались по прямой (и только тогда они не уходили с линии), на сетчатке возникали серии хотя и дугообразных, но инвариантных проекций. Сам факт инвариантности повторяющихся проекций и мог послужить основой восстановления образа прямой.

Подчеркивание того, что перцептивная система производит анализ зрительных следствий активных движений глаз, входит в объяснение и таких «классических» фактов, как стабильность мира, иллюзии движения и размера и др. (Helmholtz, 1866; Кравков, 1950; Holst, 1954; Woodworth, Schlosberg, 1958; Грегори, 1970).

Исследование движений глаз при решении зрительных задач неизбежно подводит к фактам *внутренней перцептивной активности*. Обычно конкретные формы ее описываются как явления или свойства зрительного внимания.

Заметим, что, говоря о явлениях зрительного внимания, мы пользуемся традиционной терминологией, порожденной методом самонаблюдения, т. е. описывающей эти явления так, как они представляются самому воспринимающему субъекту. Это, однако, не означает, что мы считаем возможным ограничиться таким описанием. Напротив, явления внимания представляют собой явления в подлинном смысле, они должны рассматри-

ваться как индикаторы процессов, стоящих за ними и определяющих их.

Одной из частных форм внутренней перцептивной активности, рассмотренных нами в изложенных исследованиях, было явление оперативного поля зрения — поля симультанной обработки зрительной информации. Анализ показал, что характерной особенностью оперативного поля зрения является чрезвычайная подвижность его границ. Чаще всего оно принимает размеры и конфигурацию предмета, воспринимаемого в данный момент, и в этих случаях как бы садится на «сенсорную фигуру». Однако оно может распространяться также и за пределы отдельных объектов и вмещать целую группу их: несколько букв, цифр, слов и т. п. (см. § 2.4).

Если представить себе оперативное поле в виде образа — светового пятна, то такое пятно будет не только перемещаться вместе с движениями глаз по зрительному окружению, но и непрерывно «пульсировать», принимая различные конфигурации и размеры. Как показали наши опыты, размеры оперативного поля зависят от целого ряда факторов: характера объекта, типа зрительной задачи, условий общей деятельности и т. п. (см. § 2.1, 2.4, 3.2 и др.). Вместе с тем настройка на поле определенного размера может осуществляться и как целенаправленное действие (см. § 2.4, 4.4).

Заметим, что ни само существование, ни особенности функционирования оперативного поля зрения нельзя связать с механизмами, предполагаемыми моторными теориями. Очевидно, что оперативное поле не связано с пространственной траекторией движения глаз, поскольку оно, образно говоря, возникает вокруг каждой точки фиксации независимо от направления предшествующего или последующего движения глаз. Из всего арсенала двигательных средств глаза больше всего к простейшим формам динамики оперативного поля зрения, а именно к его сужениям и расширениям, мог бы подойти аналогичный способ работы зрачка, однако, как известно, результатом этой работы является изменение количества света, падающего на сетчатку, и ни в коей мере — изменение границ воспринимаемого поля.

Пожалуй, еще более важной и более универсальной характеристикой «работы» зрительного внимания яв-

ляется его интенсивность. Субъективно это выражается в различной ясности или в различной степени осознанности того зрительного содержания, на которое в данный момент направлен взор. Если продолжить сравнение оперативного поля зрения со световым пятном, то описываемое свойство можно было бы сопоставить с яркостью этого пятна. Во время зрительной работы такое «пятно» не только перемещается, меняет свои размеры, очертания, но и флюктуирует по яркости, то усиливаясь, то ослабевая, иногда исчезая вовсе. В последних случаях наступают состояния «психической слепоты», или «невидящего взора», при которых все зрительные впечатления превращаются в неосмысленный и фактически невоспринимаемый фон.

Как же соотносится эта форма работы перцептивного внимания с движениями глаз? Одна из крайних точек зрения состоит в том, что моторика глаз «включает» зрительное внимание, «организует» его движение (Зинченко, Вергилес, 1969). Однако она опровергается таким хорошо известным фактом, что перевод глаз на объект далеко не всегда сопровождается его восприятием; движения глаз могут активно осуществляться и в состоянии «пустого взора».

С другой стороны, наши исследования движений глаз в задачах, рассчитанных на активную работу внимания — обращение изображений, точную оценку расстояний, выделение фигур, — показали не только отсутствие корреляции между внешними движениями глаз и степенью перцептивной активности, но в ряде случаев и их обратные отношения: наиболее напряженная перцептивная работа часто сопровождалась особенно длительными фиксациями глаз (см. § 2.3, 3.1, 4.4).

В ходе поисков объективных индикаторов внутренних форм зрительной активности было установлено, что степень этой активности отражается в состоянии и работе фиксационных механизмов (статической и динамической фиксации). В результате исследований удалось выделить существенные переменные, к которым оказались «чувствительны» параметры ФОКН и следящих движений. Это, во-первых, деятельностный ранг зрительного акта (принадлежность его к уровню действий или операций), во-вторых, «удельный вес» процессов более низких уровней (функций, операций), вхо-

дящих в состав перцептивных действий и берущих на себя часть функциональной нагрузки. Анализ показал, что вместе с уровнем перцептивного процесса повышается уровень активности тонической системы глазодвигательного аппарата.

Значение этого результата состоит в демонстрации того, что относительная неподвижность глаз может скрывать активное состояние их моторной системы. Фиксации — это тоже движения, только воплощенные в другую форму. Таким образом, временно отойдя от движений глаз, мы снова вернулись к ним. Теперь они выступили, однако, как индикаторы, а не механизмы перцептивных процессов.

§ 5.3.

ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ В НЕЗРИТЕЛЬНЫХ ВИДАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

При решении незрительных, или «общих», задач образуются сложные взаимосвязи между процессами основной деятельности и движениями глаз. Учет этих связей необходим при использовании движений глаз для расшифровки процессов деятельности.

К сожалению, эта очевидная необходимость реализуется далеко не всегда. Более того, в нашей литературе наметилась тенденция интерпретировать движения глаз по принципу «короткого замыкания»: им часто приписываются функции, составляющие содержание основных действий субъекта. Примером могут служить некоторые работы, посвященные анализу решения мыслительных задач, где движения глаз, регистрируемые в ходе решения задач, характеризуются как выполняющие «собственно интеллектуальные функции» (Телегина, 1967; Тихомиров, 1969), как отображающие «гностическую динамику» (Поспелов, Пушкин, 1972), как средства, обеспечивающие «формирование концептуальной модели», «визуализацию и переструктурирование проблемной ситуации» (Зинченко, Вергилес, 1969).

Учет реального места движений глаз в структуре процессов деятельности позволяет четко осознать три

различных принципа, которым подчиняется их организация.

I. Первый из них — «принцип целесообразности». В соответствии с ним движения глаз организуются во всех тех случаях, когда эти движения несут полезную функцию.

В незрительных видах деятельности он принимает форму более частного принципа «двойного опосредствования». Принцип двойного опосредствования, как об этом говорит само его название, выражает систему двухступенчатой зависимости движений глаз от основных действий. При своей организации мыслительные, мнемические, двигательные и другие действия, образно говоря, «вербуют» зрительные перцептивные процессы, подчиняя их своим целям. Те же, в свою очередь, осуществляют организацию движений глаз: движения глаз возникают в те моменты и в такой форме, которые необходимы для обеспечения зрительной афферентации основных действий.

Осознание принципа двойного опосредствования очень полезно в методическом отношении. Оно помогает найти правильные пути исследования зрительных перцептивных процессов.

Говоря, что наше поведение регулируется образами, мы сильно огрубляем фактическое положение вещей. Часто нашими действиями управляют не совсем те образы, которые мы имеем в виду, а часто — и совсем не образы. Перцептивные процессы, обслуживающие общие, незрительные, действия, практически еще не исследованы в психологии восприятия. Метод самонаблюдения, столь много сделавший в отношении образов, практически непригоден для исследования «латентных» перцептивных процессов. Вот почему здесь особенно ценен любой объективный метод, в том числе и метод регистрации движений глаз.

Однако при использовании и этого метода доля потерянной информации значительно превышает ту, которая остается на записи в виде скачков, дрейфов и фиксаций. Восстановление части потерянной информации идет в форме выдвижения гипотез, которые нуждаются в дополнительных проверках.

Принцип двойного опосредствования подсказывает нам пути такой проверки. Помимо обычного хода: от движений глаз — к заключению о зрительных процес-

сах, — в наших руках оказывается еще один методический ход: к тем же перцептивным процессам от анализа условий решения общей задачи.

Экспериментальной иллюстрацией как самого принципа двойного опосредствования, так и метода «встречного движения» к зрительным процессам («снизу» — от анализа движений глаз и «сверху» — от рассмотрения условий решения задачи) является исследование процесса ручного слежения (см. § 3.2). Одним из основных результатов его было выявление принципиально различных способов движений глаз при разных режимах решения основной задачи. Оказалось, в частности, что в первом режиме (движение зрительной цели «жестко» связано с движением рукоятки) глаза находились преимущественно в центре зоны, игнорируя движение цели; во втором режиме (движение рукоятки влияло на движение цели с запаздыванием) они, наоборот, хорошо отслеживали цель. Этот результат заставил предположить, что в описанных режимах испытуемый работает различными оперативными полями: большим при жесткой связи рукоятки с целью и малым при связи с запаздыванием. Этот вывод означал «ход» от движений глаз к зрительным процессам.

Он мог быть подкреплён «ходом» в противоположном направлении: анализом влияния условий решения основной задачи на процессы зрения. Вопрос можно было поставить так: почему изменение режима управления целью приводит к изменению размеров оперативного поля? Обычно сужение оперативного поля связано с усилением зрительного внимания; действительно ли использованные режимы требовали разной степени зрительного внимания и если да, то почему?

Анализ показал, что в первом режиме сигнал «случается» испытуемого, во втором же является для него почти неуправляемым: запаздывание рукоятки было соизмеримо с частотой случайных возмущений сигнала. Ситуация второго режима очень напоминала фантастическую игру в крокет, описанную в «Алисе в стране чудес» Л. Кэрроллом, где рукоятками молотков служили извивающиеся шеи фламинго. Персонажам сказки приходилось в буквальном смысле «не спускать глаз» со своих «молотков», чтобы попасть по шару. Если воспользоваться еще раз образным сравнением, то мож-

но сказать, что в первом режиме рукоятка была связана с сигналом так же жестко, как ручка деревянного молотка с его ударной поверхностью. В результате испытуемые имели возможность получать дополнительную информацию о движениях цели от системы, управляющей движением руки. Это в значительной степени разгружало зрение. Во втором же режиме информацию об эволюциях сигнала испытуемые могли получать только через зрение. «Ответственность» зрения повышалась, и, как результат этого, происходило сужение оперативного поля зрения.

Мы видим, таким образом, как сочетание двух направлений анализа повышает достоверность выводов, получаемых при реализации только одного из них.

II. Следующий принцип составляет как бы прямую противоположность первому. Вслед за Ч. Дарвином его можно назвать «принципом в силу устройства органа»⁴. В ходе решения общих задач могут возникать такие периоды, когда полностью исчезает необходимость в работе зрения: субъект может, например, целиком переключиться на сигналы слуховой модальности или сосредоточиться на умственной деятельности, не опирающейся на зрительные образы. В эти периоды относительного бездействия зрительной системы, естественно, лишаются функциональной нагрузки и движения глаз. Однако они не прекращаются, а могут лишь изменить свою форму. Так, в периоды глубокой задумчивости отмечаются затяжные фиксации, сопровождающиеся иногда дрейфами. Факты показывают, что эти дрейфы имеют ту же природу, что и произвольные дрейфы при фиксации точки: они определяются активностью низкоуровневого центра, который в ситуациях «отключения зрения» высвобождается из-под влияния высших окулomotorных центров. Отсюда — большая амплитуда и большая скорость этих движений.

Следовательно, если мы захотим объяснить, почему в периоды незрительного сосредоточения возникают движения глаз того или иного типа, то правильно будет ответить: «в силу устройства органа» (т. е. глазо-

⁴ У Ч. Дарвина он называется «принципом прямого воздействия возбужденной нервной системы на тело» (Дарвин, 1952, с. 733).

двигательной системы). Никакой содержательной связи с основным процессом деятельности эти движения не имеют. Двигательный аппарат глаз вместе со всей зрительной системой «выходит из игры»; он перестает существовать в качестве вспомогательной подсистемы и начинает функционировать в соответствии с собственной «логикой». (Высвобождение низкоуровневых механизмов при снятии регулирующих влияний со стороны высших центров характерно и для многих других систем организма.)

Очевидно, что принцип «в силу устройства органа» не может быть применим к исследованию зрения, поскольку реализуется в периоды незрительной активности. Однако в случае анализа сложных динамичных форм общей деятельности выявление таких периодов может представить специальный интерес, иногда чрезвычайно важный в практическом отношении, как, например, в случаях обнаружения состояний «пустого взора». В наших исследованиях проявления этого принципа обнаруживались в следящих движениях уровня I (см. § 4.3), в «умственном» ФОКН (см. § 4.2), в фиксациях повышенной длительности, сочетавшихся с повышенной скоростью произвольных дрейфов при чтении сложного текста (Конькова, 1973).

III. Третий принцип занимает как бы промежуточное положение между двумя описанными и может быть назван «принципом квазицелесообразности»⁵: В соответствии с ним в условиях, которые в силу своего характера лишают движения глаз какого-либо смысла, движения глаз все-таки возникают, и именно в форме, в которой при обычных условиях они были бы целесообразными. Речь идет либо об искусственных экспериментальных условиях, либо о естественных, но чрезвычайно редких ситуациях.

В качестве примера первых можно привести эксперименты со стабилизацией объекта относительно сетчатки (Зинченко, Вергилес, 1969): попытки рассмотреть периферические части объекта, помещенного на присоску, неизменно сопровождаются «установочными» движениями глаз, которые, естественно, не приводят к же-

⁵ Его аналог также описан Ч. Дарвином под названием «принцип полезных ассоциированных привычек» (Дарвин, 1953).

лаемой цели — установке фовеа. Характерно, что знание принципиальной невозможности навести фовеальную область на интересующие детали объекта не останавливает наблюдателя от повторения таких движений. Наводящая система глаз, получившая «заказ» от зрения, срабатывает с той же «непреодолимостью», которая характерна для любых автоматизированных операций.

Примером действия разбираемого принципа в более естественных условиях являются движения глаз, сопровождающие попытки зрительно представить предмет. Отнюдь не умаляя значения плана внутренних зрительных образов, мы все же должны признать его несравненно меньший удельный вес по сравнению с планом актуального зрительного восприятия как по общему отводимому ему времени, так и по функциональной нагрузке и роли в нашей жизни. «Внутреннее» зрение, конечно, является производным от «внешнего»; точно так же движения глаз, сопровождающие первое, являются производными от движений, обслуживающих второе. Последние можно расценить как «моторный отголосок» движений, потерявших свою первоначально целесообразную роль.

Действие этого принципа в наших опытах выражалось в приобретении ФОКН «зрительного» характера при оперировании с внутренними зрительными образами (см. § 4.2, 4.4) и при организации движений руки по зрительному представлению (см. § 4.5), а также в соответствии циклов ФОКН единицам графической деятельности. Вспомним, что в двух последних случаях зрительная система не могла осуществлять внешний контроль за движениями руки.

Итак, целесообразные движения, отработавшиеся в прошлом в типичных ситуациях, становятся почти автоматическими и воспроизводятся в сходных обстоятельствах, где, однако, они могут оказаться бесполезными. В этом и заключается «принцип квазицелесообразности». Мы специально подчеркиваем действие этого принципа, чтобы противопоставить его уже упоминавшейся тенденции видеть целесообразность в любых движениях глаз и включать их в интимные механизмы текущей деятельности.

§ 5.4.

О ЕДИНИЦАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ИХ ИССЛЕДОВАНИИ

Одним из основных понятий теории деятельности является действие. Оно определяется как процесс, подчиненный цели или направленный на достижение цели. В большинстве случаев цели человека предполагают не одноактные действия, а последовательность действий. Иными словами, общие цели разбиваются на более частные, которые, в свою очередь, могут породить цели более низкого порядка. Частным целям соответствуют частные действия (Леонтьев, 1975). Последовательность частных действий может представлять собой сложную, иерархически организованную систему процессов. Как правило, она включает альтернативные выборы, неудачные пробы, поиски обходных путей, переходы к частным действиям более низкого или более высокого порядка. Возникает проблема анализа сложного и динамического «потока деятельности». Какими средствами мы располагаем для этого анализа?

Прежде всего, зная цель и внешние условия, можно дать алгоритмическое описание деятельности, т. е. перечислить необходимый набор и последовательность действий (Зараковский, 1966). Очевидно, что одним из факторов, определяющих алгоритм деятельности, является «логика» предмета, которым овладевает субъект, или «логика» среды (в том числе социальной), в которой он действует. Такие алгоритмы формируются в процессе общественной практики и фиксируются в виде норм, программ, правил, приемов и т. п. Каждый человек, чтобы успешно реализовать свои цели, должен усвоить эти нормы и действовать в соответствии с ними. Однако это только одна сторона дела.

Предписанные план и программа действий еще не определяют *психологического состава деятельности*. Последний образуется в результате «столкновения» задачи с наличными средствами организма, и прежде всего операциями и функциями — этими приобретенными и готовыми орудиями деятельности. Намеченные план и программа реализуются с помощью указанных средств и неминуемо ими преобразуются. Какое-то кон-

кретное действие может осуществиться за счет срабатывания физиологических механизмов — тогда субъект просто воспользуется готовым результатом. Другое запрограммированное действие может, напротив, оказаться плохо обеспеченным «снизу» — и тогда возникнут напряженные и неуклюжие пробы, дробление действия на более мелкие единицы, переформулировка задачи и т. п.

С точки зрения логического анализа всякий акт, направленный на достижение цели (в том числе промежуточной цели), можно рассматривать как действие. С психологической же точки зрения он может быть как действием, так и операцией и, наконец, даже функцией. Где в ансамбле иерархически построенных актов кончаются действия и начинаются операции и функции? На этот вопрос мы не можем ответить, находясь во внешней позиции, так как не знаем, что в данный момент для субъекта выступает психологически как цель. Самонаблюдение здесь тоже оказывается малопригодным, так как оно подменяет «деловую» цель рефлексивной и тем нарушает процесс, который мы хотим исследовать.

Существует мнение о том, что можно узнать состав деятельности, если сформировать ее в «чистых», строго контролируемых условиях. Однако такая точка зрения, на наш взгляд, отражает все тот же логический подход. Ведь любая попытка сформировать новое действие рассчитана на исходные возможности организма, субъекта; его внутренние средства реализуют замысел «педагога» и в то же время преобразуют его. В частности, как это убедительно показано советскими исследователями, развитие любого навыка — двигательного, предметно-орудийного, перцептивного, умственного — идет по пути слияния частных действий в более крупные, по пути автоматизации действий и превращения их в операции (Бернштейн, 1947; Гальперин, 1959; Леонтьев, 1965; Запорожец, 1967; и др.). Однако с какого момента данное действие стало операцией, каков был исходный набор действий, в какие более крупные действия они слились, какие структурные изменения начали претерпевать эти новые действия — на все эти и другие чрезвычайно важные вопросы «метод формирования» не дает точного ответа. И если в отношении внешних действий такие вопросы можно попытаться решить путем анализа их

объективных свойств — скорости, степени слитности, стереотипности и т. п., — то в отношении внутренних действий задача представляется особенно трудной. С момента «ухода внутрь» процессы деятельности становятся для нас практически недоступными.

Результаты, изложенные в § 4.5 и 4.6, показали, что периоды решения графических задач, совпадающие с последовательными циклами ФОКН, подчиняются тем же закономерностям, что и макроструктурные единицы деятельности. Это позволило сделать вывод, что эффект «подавления» и «высвобождения» произвольных саккад может быть положен в основу объективного метода анализа временной структуры деятельности.

Возникает вопрос: единицы какого деятельностного уровня выделяют циклы ФОКН?

Судя по всему, это уровень частных действий. Однако мы хотели бы воздержаться от преждевременной однозначности вывода. Для этого имеются, по крайней мере, следующие соображения. Во-первых, несмотря на разнообразие полученных в работе доказательств, почти все они имеют специфический характер, о котором мы уже говорили во введении к § 4.6: это доказательства, основанные на вероятных предположениях.

Второе соображение более существенное. По нашему мнению, существующие представления о строении и динамике деятельности — о ее уровнях, образующих единицах — еще слишком схематичны. Действительность, по-видимому, гораздо богаче и содержит большее количество «слоев», градаций и оттенков. Поэтому разработка объективных индикаторов структурных единиц деятельности должна не только опираться на существующие представления, но и развивать их, если, конечно, найденные индикаторы достаточно чувствительны и адекватны.

Есть основания считать, что произвольные саккадические движения глаз являются одним из таких индикаторов. Прийти к этому заключению позволяет сравнительный анализ возникновения произвольных саккад в режимах ФН и ФОКН. Самые последние данные, полученные в нашей лаборатории, показывают, что периоды деятельности, отделяемые последовательными скачками ФН, крупнее, чем периоды, заключенные между скачками ФОКН. Возникает естественный вопрос: не отражают ли они более высокий иерархиче-

ский слой единиц, хотя и принадлежащих к тому же уровню частных действий? Ответ на него могут дать только дальнейшие исследования.

В заключение необходимо поставить еще два, на наш взгляд, принципиальных вопроса.

Первый вопрос: распространяется ли способность саккадической системы глаз выделять структурные единицы на другие виды деятельности?

Имеющиеся у нас предварительные экспериментальные данные позволяют ответить положительно на этот вопрос. В последнее время непроизвольные скачки глаз были зарегистрированы в моменты перехода от одного действия к другому в процессе решения тактильных, слуховых, зрительных и умственных задач. Аналогичные факты в отношении зрительных задач стали появляться в литературе (Филин, 1975). Очевидно, что универсальный характер обсуждаемой чувствительности саккадической системы глаз открывает широкий путь для изучения разнообразных видов деятельности. Мы находимся в самом начале этого пути.

Второй вопрос: какова природа связи саккадической системы глаз со структурными единицами деятельности? На наш взгляд, эта связь первоначально образуется в ходе зрительной или зрительно контролируемой деятельности. По самым скромным подсчетам, наш глаз ежедневно производит более 50 тысяч саккадических движений. Прием и переработка каждой «порции» зрительной информации заканчиваются скачком, который устанавливает глаза для восприятия следующей порции. В результате миллионов повторений связь «окончание приема очередной порции внешней информации — скачок глаз» настолько упрочивается, что скачок наступает после окончания любого «кванта» процесса регуляции, даже если последний не использует зрительную информацию.

Итак, в «незрительных» условиях или условиях, не требующих перевода взора, скачки глаз теряют свою целесообразную функцию. Однако за ними остается крайне ценная в методическом отношении роль — быть индикаторами временной структуры деятельности.

●

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ движений глаз с позиций концепции психологической структуры деятельности оказался продуктивным в ряде отношений.

Он позволил вписать движения глаз в процессы, относящиеся к самым разным видам деятельности, позволил объяснить функции этих движений в контексте различных задач, найти влияющие на них факторы, описать определяющие их принципы.

Выяснились многообразные и многоступенчатые связи между процессами зрения и движениями глаз. Движения глаз, как было показано, в зависимости от ситуации могут выступать: как условия, вспомогательные средства или промежуточные этапы формирования зрительных эффектов на различных уровнях. В свою очередь, зрительные процессы выступают как необходимые условия и механизмы организации движений глаз — их программирования, афферентации, контроля.

Избранный нами подход позволил найти место физиологическим явлениям в работе глазодвигательной системы — увидеть в них механизмы, либо реализующие деятельность, либо сопровождающие ее, либо порожденные ею в прошлом. Во всех этих случаях оказалось возможным использовать движения глаз в качестве индикаторов структурно-динамических свойств деятельности. Вместе с тем оказалось возможным привлечь феноменальные данные для постановки важных проблем.

Одновременный анализ в трех различных планах — строения деятельности, работы физиологических механизмов и зрительной феноменологии — сделал возможным продвижение в каждом из этих планов дальше, чем это удавалось при работе в каждом из них в отдельности.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Автоматизированные действия, навыки, операции
— двигательные 192—193, 208—211, 234
— перцептивные 98—99, 178
Активный дрейф 43—44, 87, 121—122
Афферентационное поле 218—219
Афферентация движений
— глаз 25, 29, 46, 49—52, 61—62, 213—215, 218—220; 231—232
— руки 113, 116—117, 121—129, 130, 134—136, 138—139, 192—196, 210—211, 213—214, 218
Взаимодействие движений руки и глаза 113—140
— зрительно опосредствованное 116, 121—122, 126—129, 134—136
— двигательное 49—53, 64—68, 125—129, 221—224
Взор 60—63, 213—217
Внутреннее зрение 159—161, 179—180, 186—187, 234
Внутренние формы зрительной активности, зрительное внимание 98—99, 136, 142, 158—159, 178—179, 188—192, 226—229
Глаз как двигательный орган 15—17, 66—68, 124—125, 212—224
Действие 12 — 13, 16, 71—73, 98—99, 116, 163—164, 178, 188—189, 208—211, 222—224, 235—238
Деятельность
— единицы 201—211, 235—238
— общее строение 11—13, 116, 212, 229
— анализ 203, 235—238
Задачи 12, 158—168
— глазодвигательные 13, 15—16, 18—68; 214—216
— зрительные 13, 68, 71—73, 76—77, 187, 214—216
— незрительные 13, 113
Зона проприоцептивной нечувствительности 61—64
Зрительное восприятие 69—71, 93
— моторные теории 73—76, 82, 87—89, 91—92, 98, 225—226
— функции движений глаз 72—76, 82—92, 98, 114
Зрительные кинестезии 89—92, 225—226
Неосознаваемые перцептивные процессы 117—118, 230—232
Обращающиеся фигуры
— движения глаз при восприятии 92—98
— субъективные эффекты 93
Объем фиксации 104—112
Оперативное поле зрения 81, 101—112, 122, 129, 135—136, 139—140, 179, 185—186, 217, 227—228, 230—232
Операции 12—13, 16, 72, 116—117, 163—164, 189, 236—237
Операции второго порядка 13, 116—117
Оптокинетический нистагм (ОКН) 31—32, 144—146, 151—153
Принцип
— двойного опосредствования 230—232
— «в силу устройства органа» 232—233
— зрительно-тонического параллелизма 164—165
— квазицелесообразности 233
— целесообразности 229
Психофизиологические функции 12, 188—192
Рабочая точка (зона) глаза 213—220, 223—224
Ручное слежение 129—140
Саккадические движения (скачки) глаз

- произвольные 198—199, 205—211, 237—238
- (см. также «Фиксация дв. глаз—скачки»)
- при решении зрительных задач 77—82
- произвольно управляемые 39—41
- Следящие движения глаз
 - асимметрия 29
 - влияние задачи 165—169
 - влияние фона 36
 - количественные параметры 27—32
 - механизмы 32, 36—38, 172—177
 - уровни 165—177
- Слежение
 - за внешней целью 27—38
 - за самоуправляемой целью 45—53
- Собственные двигательные шумы глаз 53—54, 60—64
- Физиологический (фиксационный) нистагм (ФН) 18, 148—151
 - асимметрия 19—21, 43, 45—46, 122, 147—151
- при алкогольном опьянении 152, 153
- Фиксационные движения глаз
 - влияние физических характеристик точки 24—25
 - дрейфы 19—21, 22—23, 44—45
 - механизмы 25—27
 - скачки 20—24, 44—45
 - тремор 18—19
- Фиксационный оптокинетический нистагм (ФОН)
 - асимметрия 147—150
 - влияние задачи 158—165
 - влияние свойств зрительного процесса 177—192
 - в состоянии алкогольного опьянения 152—153
 - единицы деятельности 201—211, 237—238
 - механизмы 153—157
 - параметры 150—153
- Фиксация
 - неподвижного объекта 18—27
 - элементов однородного множества объекта 55—64
- Цель 12, 71—72, 164

ЛИТЕРАТУРА

- Авербах М. И. Офтальмологические очерки. М., Медгиз, 1949.
- Анаэев Б. Г., Веккер Л. М., Ломов Б. Ф., Ярмоленко А. В. Осознание в процессах познания и труда. М., Изд-во АПН РСФСР, 1959.
- Андреева Г. М., Вергилес Н. Ю., Ломов Б. Ф. К вопросу о функциях движений глаз в процессе зрительного восприятия.—«Вопросы психологии», 1972, № 1.
- Бардин К. В. Зависимость порога различения от способа действий испытуемых.—«Вопросы психологии», 1962, № 2.
- Бережная Е. К. О согласовании движений глаз и руки при выполнении различных двигательных задач.—«Журнал ВНД», 1968, т. XVIII, вып. 1.
- Бернс Б. Неопределенность в нервной системе. М., «Мир», 1969.
- Бернштейн Н. А. К вопросу о природе и динамике координационных функций.—В сб.: Движения и деятельность (под ред. С. Л. Рубинштейна). М., Изд-во Моск. ун-та, 1945.
- Бернштейн Н. А. О построении движений. М., Медгиз, 1947.
- Бернштейн Н. А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М., «Медицина», 1966.

- Бехтерев В. М. Основы учения о функциях мозга, вып. I—VII. Спб., 1907.
- Бинг Р., Брюкнер Р. Мозг и глаз. Л., Медгиз, 1959.
- Бом Д. Специальная теория относительности. Приложение: Физика и восприятие. М., «Мир», 1967.
- Бороздина Л. В. Зрительная деятельность наблюдателя при обнаружении порогового сигнала. — В сб.: Исследование зрительной деятельности человека (под ред. Ю. Б. Гиппенрейтер). М., Изд-во Моск. ун-та, 1973.
- Бороздина Л. В., Гиппенрейтер Ю. Б. О функции движений глаз при зрительных оценках. — «Вопросы психологии», 1969, № 3.
- Буякас Т. М. Зрительные и двигательные аспекты работы глаза в задачах ручного слежения. — В сб.: Исследование зрительной деятельности человека (под ред. Ю. Б. Гиппенрейтер). М., Изд-во Моск. ун-та, 1973.
- Буякас Т. М., Гиппенрейтер Ю. Б. О некоторых особенностях глазного слежения за самоуправляемой целью. — В сб.: Исследование зрительной деятельности человека (под ред. Ю. Б. Гиппенрейтер). М., Изд-во Моск. ун-та, 1973.
- Венгер Л. А. Восприятие и обучение. М., «Просвещение», 1969.
- Вергилес Н. Ю., Родионов Г. В., Седакова Л. Б., Щедровицкий Л. П. Об оценке положения глаз на основе проприоцепции. Пятое совещание по физиологической оптике. М.—Л., 1966.
- Водлозеров В. М. Опыт экспериментального исследования прослеживающих движений. — В сб.: Проблемы инженерной психологии. Л., «Наука», 1964.
- Водлозеров В. М., Ломов Б. Ф. О непрерывных сенсомоторных реакциях человека. — В сб.: Проблемы общей, социальной и инженерной психологии, вып. 2. Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 1968.
- Выготский Л. С. Развитие высших психических функций. М., Изд-во АПН РСФСР, 1960.
- Гальперин П. Я. Развитие исследований по формированию умственных действий. — В кн.: Психологическая наука в СССР, т. 1. М., Изд-во АПН РСФСР, 1959.
- Гатев В. О взаимодействии зрительного и двигательного анализаторов при регуляции двигательных реакций. — «Журнал ВНД», 1964, вып. 6.
- Гельмгольц Г. О зрении. Спб., 1896.
- Гельфанд И. М., Гурфинкель В. С., Орловский Г. Н., Пальцев Е. И., Северин Ф. В., Фельдман А. Г., Шик М. Л. Об управлении некоторыми типами движений. — В сб.: Биоэлектрическое управление. М., «Наука», 1970.
- Геринг Э. Пространственное чувство и движение глаз. Руководство к физиологии Германа, т. III. Спб., 1887.
- Гиппенрейтер Ю. Б. Опыт экспериментального исследования работы зрительной системы наблюдателя. — В сб.: Инженерная психология. М., Изд-во Моск. ун-та, 1964.
- Гиппенрейтер Ю. Б. О собственных двигательных шумах глаза. — «Вопросы психологии», 1964, № 3.
- Гиппенрейтер Ю. Б. Движения глаз в деятельности человека и в ее исследовании. — В сб.: Исследование зрительной дея-

- тельности человека (под ред. Ю. Б. Гиппенрейтер). М., Изд-во Моск. ун-та, 1973.
- Гиппенрейтер Ю. Б., Густяков М. Д. Исследование зависимости зрительного поиска от пространственных свойств объекта. — В сб.: Проблемы инженерной психологии (под ред. Б. Ф. Ломова), вып. 2. М., изд. ВНИИТЭ, 1968.
- Гиппенрейтер Ю. Б., Карева М. К. Исследование зрительного поиска методом регистрации движений глаз.—В сб.: Проблемы инженерной психологии (под ред. Б. Ф. Ломова), вып. 2. М., изд. ВНИИТЭ, 1968.
- Гиппенрейтер Ю. Б., Пик Г. Л. Фиксационный оптокинетический нистагм как показатель участия зрения в движении. — В сб.: Исследование зрительной деятельности человека (под ред. Ю. Б. Гиппенрейтер). М., Изд-во Моск. ун-та, 1973.
- Гиппенрейтер Ю. Б., Романов В. Я. Исследование зрительного внимания. Материалы к XIX Международному психологическому конгрессу. М., 1969.
- Гиппенрейтер Ю. Б., Романов В. Я. Исследование зрительного внимания. Материалы XIX Международного психологического конгресса. Издание О-ва психологов СССР, 1970.
- Гиппенрейтер Ю. Б., Романов В. Я. Новый метод исследования внутренних форм зрительной активности.—«Вопросы психологии», 1970, № 5.
- Гиппенрейтер Ю. Б., Романов В. Я. Фиксационный оптокинетический нистагм (ФОКН) и его механизмы.—В сб.: Исследование зрительной деятельности человека (под ред. Ю. Б. Гиппенрейтер). М., Изд-во Моск. ун-та, 1973.
- Гиппенрейтер Ю. Б., Седакова Л. Б. Движения глаз при восприятии двусмысленных изображений.—В сб.: Психологические исследования, вып. 2. М., Изд-во Моск. ун-та, 1970.
- Гиппенрейтер Ю. Б., Смирнов С. Д. Уровни следящих движений глаз и зрительное внимание.—«Вопросы психологии», 1971, № 3.
- Гиппенрейтер Ю. Б., Вергилес Н. Ю., Щедровицкий Л. П. Новое в методике регистрации движений глаз.—«Вопросы психологии», 1964, № 5.
- Гиппенрейтер Ю. Б., Романов В. Я., Самсонов И. С. Метод выделения единиц деятельности.— В сб.: Восприятие и деятельность (под ред. А. Н. Леонтьева). М., Изд-во Моск. ун-та, 1975.
- Гиппенрейтер Ю. Б., Романов В. Я., Смирнов С. Д. О движении глаз и руки в процессе счета элементов тест-объекта.— В сб.: Психологические исследования, вып. 1. М., Изд-во Моск. ун-та, 1969.
- Глезер В. Д. К характеристике глаза как следящей системы.— «Физиол. журн. СССР», т. 45, 1959, № 3.
- Глезер В. Д. Механизмы опознания зрительных образов. М., «Наука», 1966.
- Горбов Ф. Д. О «помехоустойчивости» оператора.—В сб.: Инженерная психология. М., Изд-во Моск. ун-та, 1964.
- Грегори Р. Л. Глаз и мозг. М., «Прогресс», 1970.
- Гуревич Б. Х. Движения глаз как основа пространственного зрения и как модель поведения. Л., «Наука», 1971.
- Дарвин Ч. Выражение эмоций у человека и животных. Соч., т. 5. М., Изд-во АН СССР, 1953.

- Джемс У. Психология. Спб., 1911.
- Добрынин Н. Ф. Основные вопросы психологии внимания. — В кн.: Психологическая наука в СССР, т. 1. М., Изд-во АПН РСФСР, 1959.
- Дришель Х. Кибернетические исследования фиксирующих и следящих движений глаз человека.—В кн.: Проблемы нейрокибернетики, т. 2. Ростов н/Д, 1966.
- Запорожец А. В. Развитие восприятия и деятельность.—«Вопросы психологии», 1967, № 1.
- Запорожец А. В., Венгер Л. А., Зинченко В. П., Русская А. Г. Восприятие и действие. М., «Просвещение», 1967.
- Зарковский Г. М. Психофизиологический анализ трудовой деятельности. М., «Наука», 1966.
- Зинченко В. П., Вергилес Н. Ю. Формирование зрительного образа. М., Изд-во Моск. ун-та, 1969.
- Кандинский В. Х. О псевдогаллюцинациях. М., Медгиз, 1952.
- Кисляков В. А., Неверов В. П. Реакция глазодвигательной системы на движения объектов в поле зрения. М.—Л., «Наука», 1966.
- Компанейский Б. Н. Проблема константности восприятия цвета и формы вещей. — «Уч. зап. ЛГПИ им. А. И. Герцена», т. 34. Л., 1940.
- Конькова О. В. ФОКН применительно к анализу процесса чтения.—В сб.: Исследование зрительной деятельности человека (под ред. Ю. Б. Гиппенрейтер). М., Изд-во Моск. ун-та, 1973.
- Кравков С. В. Глаз и его работа. М., Изд-во АН СССР, 1950.
- Кропман И. Л. Физиология бинокулярного зрения и расстройства его при содружественном косоглазии. Л., «Медицина», 1966.
- Лаурингсон А. И., Щедровицкий Л. П. Некоторые сведения о системе слежения глаза.—«Биофизика», 1965, т. 10, вып. 1.
- Леонтьев А. Н. Психологические вопросы сознательности учения.—«Известия АПН РСФСР», 1947, вып. 7.
- Леонтьев А. Н. Проблемы развития психики. М., Изд-во АПН РСФСР, 1965.
- Леонтьев А. Н. Понятие отражения и его значение для психологии.—В сб.: XVIII Международный психологический конгресс. М., «Наука», 1969.
- Леонтьев А. Н. Деятельность, сознание, личность. М., Политиздат, 1975.
- Леонтьев А. Н., Гиппенрейтер Ю. Б. О деятельности зрительной системы человека.—В сб.: Психологические исследования. М., Изд-во Моск. ун-та, 1968.
- Леонтьев А. Н., Запорожец А. В. Восстановление движения. Исследование восстановления функций руки после ранения. М., «Советская наука», 1945.
- Леушина Л. И. О роли движений глаз в оценке расстояния.—«Доклады АН СССР», 1955, т. 101.
- Леушина Л. И. О роли движений глаза при дифференцировании формы и расстояния на плоскости.—В сб.: Проблемы физиологической оптики, т. 12. М., Изд-во АН СССР, 1958.
- Леушина Л. И. Движения глаз и пространственное зрение. Вопросы физиологии сенсорных систем. М.—Л., «Наука», 1966.
- Ломов Б. Ф. Человек и техника. Очерки инженерной психологии. М., «Советское радио», 1966.

- Ломов Б. Ф. Проблемы инженерной психологии.—В сб.: Проблемы инженерной психологии. М., «Наука», 1967.
- Лурья А. Р. Маленькая книжка о большой памяти. М., Изд-во Моск. ун-та, 1968.
- Лурья А. Р., Правдина-Винарская Е. Н., Ярбус А. Л. К вопросу о механизмах движений глаз в процессе восприятия и их патологии.—«Вопросы психологии», 1961, № 5.
- Луук А. Г., Романюта В. Г. Саккадическое подавление: факты, теории, гипотезы. Эргономика. Труды ВНИИТЭ, вып. 4. М., 1972.
- Любимов В. В. О восприятии движения сигнала в задаче ручного слежения.—В сб.: Исследование зрительной деятельности человека (под ред. Ю. Б. Гиппенрейтер). М., Изд-во Моск. ун-та, 1973.
- Матюшкин Д. П. Глазодвигательный аппарат млекопитающих. Л., «Медицина», 1972.
- Миллер Д., Галантер Ю., Прибрам К. Планы и структура поведения. М., «Прогресс», 1965.
- Милерян Е. А. Метод психологического изучения деятельности оператора.—В сб.: Проблемы инженерной психологии, вып. 2. Издание О-ва психологов СССР. Л., 1965.
- Митраий Л. Саккадические движения глаз и зрение. София, 1973.
- Поспелов Д. А., Пушкин В. Н. Мышление и автоматы. М., «Советское радио», 1972.
- Проскурякова Н. Г., Шахнович А. Р. Количественные характеристики фиксационных микродвижений глаз.—«Биофизика», 1968, т. XIII, вып. 1.
- Рокотова Н. А., Бережная Е. К., Богина И. Д., Горбунова И. М., Роговенко Е. С. Моторные задачи и исполнительная деятельность. Л., «Наука», 1971.
- Романов В. Я. Фиксационный оптокинетический нистагм как метод исследования зрительного внимания. Автореф. канд. дисс. М., 1971.
- Романов В. Я. Исследование свойств зрительного перцептивного процесса методом ФОКН.—В сб.: Исследование зрительной деятельности человека (под ред. Ю. Б. Гиппенрейтер). М., Изд-во Моск. ун-та, 1973.
- Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии. М., Учпедгиз, 1946.
- Сеченов И. М. Избранные произведения, т. 1. М., Изд-во АН СССР, 1952.
- Смирнов С. Д. Экспериментальное исследование условий перехода следящих движений глаз на низкие уровни регуляций. — В сб.: Исследование зрительной деятельности человека (под ред. Ю. Б. Гиппенрейтер). М., Изд-во Моск. ун-та, 1973.
- Суходольский Г. Л. К вопросу о формировании у человека оператора навыка слежения за движущейся целью.—В сб.: Проблемы инженерной психологии. Л., «Наука», 1964.
- Телегина Э. Д. Психологический анализ эвристики человека. Автореф. канд. дисс. М., 1967.
- Титченер Э. Б. Учебник психологии, ч. 1. М., 1914.
- Тихомиров О. К. Структура мыслительной деятельности человека. М., Изд-во Моск. ун-та, 1969.
- Уолтер Г. Живой мозг. М., «Мир», 1966.

- Ушакова Т. Н. О зависимости времени реакции от места раздражителя в поле зрения.—В сб.: Вопросы изучения высшей нейродинамики в связи с проблемами психологии. М., Изд-во АПН РСФСР, 1957.
- Филин В. А. О механизме произвольных скачков глаз и их роли в зрительном восприятии.—В сб.: Моторные компоненты зрения. М., «Наука», 1975.
- Хартридж Г. Современные успехи физиологии зрения. М., ИЛ, 1952.
- Хомская Е. Д. К проблеме афферентации движений глаз. — «Вопросы психологии», 1962, № 3.
- Хорошко В. К. Клинические наблюдения военного времени над ранениями лобной доли мозга.—«Медицинский журнал», 1921, № 5—6, 6—7.
- Шахнович А. Р. Двигательный аппарат глаз в норме и при очаговых поражениях головного мозга. Автореф. докт. дисс. М., 1966.
- Шахнович А. Р., Шахнович В. Р. Пупилография. М., «Медицина», 1964.
- Шеррингтон Ч. С. Интегративная деятельность нервной системы. Л., «Наука», 1969.
- Юнг Р. Оптическая регуляция движений глаз, внимание и восприятие движения.—В сб.: Системная организация физиологических функций. М., «Медицина», 1969.
- Ярбус А. Л. Исследование закономерностей движений глаз в процессе зрения.—«Доклады АН СССР», 1954, т. 96, № 4.
- Ярбус А. Л. К вопросу о зрительной оценке расстояния.— В кн.: Сборник, посвященный памяти акад. Лазарева П. П. М., Изд-во АН СССР, 1956а.
- Ярбус А. Л. Новая методика записи движений глаз.—«Биофизика», 1956б, т. I, вып. 8.
- Ярбус А. Л. Движение глаз в процессе смены точек фиксации.—«Биофизика», 1956в, т. I, вып. 1.
- Ярбус А. Л. Роль движений глаз в процессе зрения. М., «Наука», 1965.
- Adams J. A. Human tracking behavior.—«Psychol. bull.», 1961, v. 58, N 1, p. 85.
- Adler F. H., Fliegelman F. Influence of fixation on the visual acuity.—«Arch. Ophthalm.», 1934, N 12, p. 475—483.
- Allport F. H. Theories of perception and the concept of structure. N. Y.—London, 1955.
- Alpern M. Movements of the eyes, part I.—In: M. Davson (Ed.). The Eye. London, 1962, v. 3; «Muscular Mechanisms».
- Aschan G., Bergstedt M., Goldberg L., Laurell L. Positional nystagmus in man during and after alcohol intoxication.—«Quart. J. of studies on Alcohol», 1956, v. 17, p. 381—405.
- Bach-y-Rita P. Neurophysiology of eye movements.—In: P. Bach-y-Rita, C. Collins (Eds.). The control of eye movements. N. Y.—London, 1971.
- Baker C. H. Target detection performance with a stationary radar sweep-line.—«Acta psychologica», 1967, v. 27, p. 361—367.
- Bartlett N. R., Eason R. G., White C. T. Latency of ocular fixation upon the second of two successive stimuli.—«Percept. mot. skills», 1961, N 13, p. 259—268.

- Bartz A. E. Eye movement latency duration and response time as a function of angular displacement.—«J. Exp. Psychol.», 1962, v. 64, N 3, p. 318—324.
- Baty D. Effects of display gain on human operator information processing rate in a rate control tracking task.—«IEEE, Trans. Manmachine system», 1969, v. MM5—10, p. 155—158.
- Bergmann F., Costin A., Gutman J., Chainovitz M. Nystagmus evoked from the superior colliculus of the rabbit.—«Exp. Neurol.», 1964, v. 9, N 5, p. 386.
- Bhatia B. Eye movement patterns in response to moving objects.—«J. Aviat. Medic.», 1957, v. 28, p. 309—317.
- Bhatia B. Some factors determining the maximum angular velocity of pursuit ocular movements.—«J. Opt. Soc. Amer.», 1960, v. 50, p. 149—150.
- Boyce P. R. The effect of change of target field luminance and colour on fixation eye movements.—«Opt. Acta», 1967, v. 14, N 3, p. 123—128.
- Brandt H. F. Ocular patterns and their psychological implications.—«Amer. J. of Psychol.», 1940, v. 53, p. 260—268.
- Brandt H. F. The psychology of seeing. N. Y., 1945.
- Brindley G. S., Merton P. A. The absence of position sense in the human eye.—«J. of Psychol.», 1960, v. 53, p. 127.
- Brown J. The visual perception of velocity.—«Psychol. Forschung», 1931, N 14, p. 199—232.
- Buswell G. T. How people look at pictures. Chicago, 1935.
- Chernikoff R., Duey J. V., Taylor F. V. Two dimensional tracking with identical and different control dynamics in each coordinate.—«J. Exp. Psychol.», 1960, v. 60, N 5.
- Clark M. R., Stark L. Control of human eye movements: A model for the extraocular plane mechanism.—«Mathematical Biosciences», 1974, v. 20, p. 213—238.
- Collier R. M. An experimental study of form perception in indirect vision.—«J. Comp. Psychol.», 1931, v. 11, p. 281.
- Conklin J. E. Effect of control in a tracking task.—«J. Exp. Psychol.», 1957, v. 53, p. 261.
- Cook G., Stark L. The human eye movement mechanism: experiments, modeling and model testing.—«A. M. A. Arch. Ophthal.», 1968, v. 79, p. 428—436.
- Cornsweet T. N. Determination of the stimuli for involuntary drifts and saccadic eye movement.—«J. Opt. Soc. Amer.», 1956, v. 46, p. 987—993.
- Craik K. Theory of the human operator on control systems. P. I—II.—«Brit. J. Psych.», 1947, v. 38, p. 56—61; 1948, v. 38, p. 142—148.
- Crawford W. A. The perception of moving objects. Flying personal research committee memorandum. R. A. F. Inst. Aviat. Med., Farnborough, 1960 (July—September).
- Crowitz H. F., Daves W. Tendencies to eye movement and perceptual accuracy.—«J. Exp. Psychol.», 1962, v. 63, p. 495—498.
- Crowitz H. F., Schiffman H. R. Visual field and the letter span.—«J. Exp. Psychol.», 1965, v. 70, p. 218—223.
- Cunitz R., Steinman R. Monocular fixation of targets near the absolute foveal threshold.—«Communic. E. P. A.», 1967, p. 4.
- Davson H. The physiology of the eye. London, 1963.
- Ditchburn R., Fender D. The stabilized retinal image.—«Opt. Acta», 1955, v. 2, p. 128—133.

- Ditchburn R., Ginsborg B. Vision with a stabilized retinal image.—«Nature», 1952, v. 170, N 4314, p. 36.
- Ditchburn R., Ginsborg B. Involuntary eye movements during fixation.—«J. of Physiol.», 1953, v. 119, p. 1—17.
- Dodge R. On-experimental study of visual fixation.—«Psychol. Monogr.», 1907, v. 35, p. 95.
- Dodge R., Cline T. The angle velocity of eye movements.—«Psychol. Rev.», 1901, v. 8, p. 145—157.
- Dodge R., Travis R., Fox T. Optic nystagmus, III. Characteristics of the slow phase.—«Arch. Neurol.», 1934, v. 24, p. 21—34.
- Dreischel H. Über den fixations regelungen Apparat des menschlichen Auges.—In: Regelungsvorgänge lebenden Wesen. München, 1961, p. 141—160.
- Dreischel H. Fixations and following movements of the human eye.—«Zeitschrift für Psych.», 1965, Bd 171, (Suppl), S. 92—103.
- Duncker K. Über Induzierte Bewegung (Ein Beitrag zur Theorie Optisch—wahrgenommener Bewegung).—«Psychol. Forschung», 1929.
- Enoch J. Effect of the size of a complex display upon visual search.—«J. Opt. Soc. Amer.», 1959, v. 49, p. 280—286.
- Enoch J., Wild B. A study of visual search on oblique aerial photographs. M. C. R. L.—T. P. N 696—7260. Mapping and charting res. lab. Ohio State Univ., Columbus, Oct., 1957.
- Fantz R. Visual experience in infants: Decreased attention to familiar patterns relative to novel ones.—«Science», 1964, v. 146, p. 668—670.
- Fender D. The role of eye movements in visual perception.—«Bull. Brit. Psychol. Soc.», 1960, v. 40, N 5A.
- Fender D., Nye P. An investigation of the mechanisms of eye control.—«Kybernetik», 1961, Bd. 1, H. 2, S. 81—88.
- Festinger L. Eye movements and perception.—In: P. Bach-y-Rita, C. Collins (Eds.). The control of eye movements. N. Y.—London, 1971.
- Festinger L., Burnham C., Ono H., Bamber D. Efference and the conscious experience of perception.—«J. Exp. Psychol.», Monograph. Supplement, 1967, v. 74, N 4.
- Festinger L., Canon L. Information about spatial location based on knowledge about efference.—«Psychol. Rev.», 1965, v. 72, N 5, p. 373—384.
- Fiorentini A., Ercoles A. Vision with stabilized images and intermittent illumination. Atti Fondazione G. Ronchi, 1960, f. 15, v. 6, p. 618.
- Fischer M. H., Kornmüller A. E. Optokinetische ausgeloste Bewegungswahrnehmungen und optokinetischer Nystagmus.—«J. für Psychol. und Neurol.», 1930—1931, Bd 41, H. 5.
- Foerster O. Motorische Felder und Bahnen.—In: Handb. d. Neurologie. Berlin, 1936.
- Ford A., White C., Lichtenstein M. Analysis of eye movement during free search.—«J. Opt. Soc. Amer.», 1959, v. 49, N 3, p. 287—292.
- Fox J., Couch F., Dodge R. Optic nystagmus.—«Arch. Neurol. & Psychiatry», 1931, v. 26, p. 23.
- Garner W., Hake H., Eriksen C. Operationalism and the concept of perception.—«Psychol. Rev.», 1956, v. 63, p. 149—159.

- Gerathewohl S. Eye movement during radar operation.—«J. Aviat. Med.», 1952, v. 23, p. 597—607.
- Gesell A. Vision: Its development in infant and child. N. Y. 1950.
- Gibson E. Principles of perceptual learning and development. N. Y., 1969.
- Gibson J. The senses considered as perceptual systems. Boston, 1966.
- Gibson J. Perception as function of stimulation.—In: S. Koch (Ed.). Psychology: A study of a science, v. 1. N. Y., 1959.
- Gibson J., Gibson E. Perceptual learning: Differentiation or enrichment? —«Psychol. Rev.», 1955, v. 62, p. 32—41.
- Goldwater B. C. Psychological significance of pupillary movements.—«Psychol. Bull.», 1972, v. 77, N 5.
- Gottschaldt K. Über den Einfluss der Erfahrung auf die Wahrnehmung von Figuren.—«Psychol. Forsch.», 1926, Bd 8, S. 261—317.
- Gould I., Shaffer A. Partial visual feedback of component motions as a function of difficulty of motor control.—«J. Exp. Psychol.», 1965, v. 70, p. 564.
- Granit R. The probable role of muscle spindles and tendon organs in eye movement control.—In: P. Bach-y-Rita, C. Collins (Eds.). The control of eye movements. N. Y.—London, 1971.
- Hacker W. Elementaranalysen visuell vermittelter Regulation von Zeilbewegungen («Habilitationrift»). Dresden, 1965.
- Hacker W. Arbeits und Ingenieurpsychologie. Berlin, 1973.
- Hackman R. An experimental study of variability in ocular latency.—«J. exp. Psychol.», 1940, v. 27, p. 546—558.
- Hackman R., Guilford J. A study of the «visual fixation» method of measuring attention value.—«J. of Appl. Psychol.», 1936, v. 20, p. 44—59.
- Hamilton F. The perceptual factors in reading.—«Arch. Psychol.», 1907, N 9.
- Handerson T., Grosby E. Experimental study of optokinetic responses.—«Arch. Ophthalm.», 1959, v. 47, p. 43—54.
- Harris C. S. Perceptual adaptation to inverted reversed and displaced vision.—«Psychol. Review», 1965, v. 72, p. 419—444.
- Hebb D. The organisation of behavior. N. Y., 1949.
- Hebb D. The mind's eye.—«Psychology Today», 1969, v. 2, N 12, p. 55—57, 67—68.
- Held R. Exp-posure-history as a factor in maintaining stability of perception and coordination.—«J. Nerv. Ment. Dis.», 1961, v. 132, p. 26—32.
- Held R., Hein A. V. Movement-produced stimulation in the development of visually guided behavior.—«J. of Comparative and Physiological Psychology», 1963, v. 56, p. 872—876.
- Helmholtz H. Handbuch der physiologischen Optik. Leipzig, 1866.
- Hess E., Polt Y. Pupil size in relation to mental activity during simple problem-solving.—«Science», 1964, v. 154, p. 1180—1192.
- Higgins G., Stultz K. Frequency and amplitude of ocular tremor.—«J. Opt. Soc. Amer.», 1953, v. 43, p. 1136—1140.
- Holmes G. The cerebral integration of the ocular movements.—«Brit. Med. J.», 1938, v. 2, p. 107—112.
- Holmes G., Horrax X. Disturbances in spatial orientation and visual attention with loss of stereoscopic.—«Arc. of Neurol. Psychiat.», 1919, N 1.

- Holst von E. Relations between the central nervous and the peripheral organs.—«Brit. J. Anim. Behav.», 1954, v. 2, p. 89—94.
- Holst von E., Mittelstadt H. Das Reafferenzprinzip.—«Naturwiss», 1950, Bd 37, S. 464—476.
- Holt R. Imagery: The return of the ostracized.—«Amer. Psychol.», 1964, v. 19, N 4, p. 254—264.
- Hubel D. H., Wiesel T. H. Receptive fields binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex.—«J. Physiol.», 1962, v. 1960, p. 106—154.
- Irvine S., Ludvigh E. Is ocular proprioceptive sense concerned in vision? — «Arch. Ophthalm.», 1936, v. 15, p. 1037—1049.
- Jex H., Mc Donnell J. A critical tracking task for manual control research.—«J. E. E. E. Trans. Hum. Fact. Electr.», 1966, v. HFE-7, p. 138.
- Kahneman D., Beatty J. Pupil diameter and load on memory.—«Science», 1966, v. 154, p. 1583—1595.
- Kahneman D., Tursky B., Shapiro D., Crider A. Pupillary, heart rate and skin resistance changes during a mental task.—«J. Exp. Psychol.», 1969, v. 79, N 1, p. 164—167.
- Katz D. The world of colour. London, 1935.
- Keele S., Posner M. Processing of visual feedback in rapid movements.—«J. Exp. Psychol.», 1968, v. 77, N 1, p. 155.
- Kestenbaum A. Clinical method of neuro-ophthalmological examination. N. Y., 1947.
- Kleist K. Gehirn Pathologie. Vornehmlich auf Grund der Kriegserfahrungen. Leipzig, Barth, 1934.
- Koffka K. Principles of Gestalt psychology. N. Y., 1935.
- Kohler W. Gestalt psychology. Liveright, 1929.
- Korte W. Über die Gestaltauffassung in indirekten Sehen.—«Zeitschr. Psychol.», 1923, Bd 93, S. 117—82.
- Krauskopf J., Cornsweet T., Riggs L. Analysis of eye movement during monocular and binocular fixation.—«J. Opt. Soc. Amer.», 1960, v. 50, N 6, p. 572—578.
- Landolt A. Nouvelles recherches sur la physiologie des mouvements des yeux.—«Arch. d'Ophthalm.», 1891, v. 11, p. 385—395.
- Latour P. Visual threshold during eye movements.—«Vision Res.», 1962, v. 2, p. 261—262.
- Leckart B. Looking time: The effects of stimulus complexity and familiarity.—«Perception and Psychophysics», 1966, v. 1, p. 142—144.
- Lesèvre N. Les mouvements oculaires d'exploration: Etude électro-oculographique comparée d'enfants normaux et d'enfants dyslexiques.—«Bull. I. N. S. E. R. M.», 1967, v. 22, N 3, p. 467—484.
- Lévy-Schoen A. Données sur les relations entre les mécanismes de poursuite visuelle et manuelle d'une cible en mouvement et sur leurs limites de fonctionnement.—«Bull. Cent. Etud. Rech. Psychotech.», 1965, v. 14, N 1—2, p. 81—102.
- Lévy-Schoen A. L'étude des mouvements oculaires. Paris, 1969.
- Lord M., Wright W. Eye movements during monocular fixation.—«Nature», 1948, v. 162, p. 25—26.
- Ludvigh E. Possible role of proprioception in the extraocular muscles.—«A. M. A. Arch. Ophthalm.», 1952, v. 48, p. 436.
- Mackensen G. Die Geschwindigkeit horizontaler Blickbewegung.—«Arch. Ophthalm.», 1958, v. 59, p. 160.
- Marx E., Trendelenburg W. Über die Genauigkeit der Einstellung

- des Auges beim Fixieren.—«Z. Sinnesphys.», 1911, Bd 45, S. 87—102.
- McLaughling G. Reading at «impossible» speeds.—«J. of reading», 1969, N 3 (March).
- Merchant J. Oculometer for «Hands-off» pointing and tracking.—«Space Aeronautics», 1968, v. 49, N 2.
- Merrill E., Stark L. Optokinetic nystagmus: double stripe experiment.—«Quart. Prog. Rept. Lab. Electr. M. I. T.», 1963, N 70, p. 357—359.
- Michael J. A., Stark L. Interaction between eye movements and the visually evoked response in the cat.—«E. E. G. Clin. Neurophysiol.», 1966, v. 21, N 5, p. 478—488.
- Mitrani D., Mateeff St., Yakimoff N. Eye movement during drawing a standard figure.—«Bull. Inst. Physiol.», 1970, v. 13, p. 187—195.
- Moray N. Attention. Selective process in vision and hearing. London, 1970.
- Nachmias J. Two dimensional motions of the retinal image during monocular fixation.—«J. Opt. Soc. Amer.», 1959, v. 49, p. 901—908.
- Nachmias J. Meridional variation in visual acuity and eye movements during fixation.—«J. Opt. Soc. Amer.», 1960, v. 50, N 6, p. 569—571.
- Nachmias J. Determiners of the drift of the eye during monocular fixation.—«J. Opt. Soc. Amer.», 1961, v. 51, N 7, p. 761—766.
- Nelson G., Stark L. Optokinetic nystagmus in man.—«Quart. Prog. Rep. Res. Lab. Electr. M. I. T.», 1962, N 66, p. 366—369.
- Pasik P., Pasik T., Krieger H. Effects cerebral lesions upon optokinetic nystagmus in monkeys.—«J. Neurophysiol.», 1959, v. 22, p. 297—304.
- Paterson D., Tinker M. Eye movements in reading optimal and nonoptimal typography.—«J. Exp. Psychol.», 1944, v. 34, p. 80—83.
- Paterson D., Tinker M. The effect of typography upon the perceptual span in reading.—«Amer. J. Psychol.», 1947, v. 60, N 6.
- Pelton L., Solley M., Brandt B. Stability and attraction of perceptual organizations in the reversible figure-ground phenomenon.—«Perceptual and Motor Skills», 1969, v. 28, p. 983—991.
- Pew R. Performance of human operators in a threestate relay control system.—«J. E. E. Trans. Hum. Fact. Electron.», 1966, v. H.F.E.-7, p. 77—83.
- Pheiffer C., Eure S. B., Hamilton C. R. Reversible figure and eye movements.—«Amer. J. Psychol.», 1956, v. 69, p. 452—455.
- Pick H. L., Warren S. H., May Y. C. Sensory conflict in judgments of spatial direction.—«Perception and Psychophysics», 1969, v. 6, p. 203—205.
- Piéron H. De la summation spatiale des impressions lumineuses au niveau de la fovea.—«Ann. Ps.», 1929, N 30, p. 87—105.
- Platt C. How we see straight lines.—«Scient. Amer.», 1960, v. 203, N 6, p. 121—122.
- Poffenberger A. Reaction time to retinal stimulation with special reference to the time lost in conduction through nerve centres.—«Arch. Psychol.», 1912.

- Poliak S. The main afferent fiber systems of the cerebral cortex in primates. Berkeley, University of California Press, 1932.
- Poulton E. The basic of perceptual anticipation in tracking.—«Brit. J. Psychol.», 1952, v. 43, p. 255—302.
- Poulton E. Eye-hand span in simple serial tasks.—«J. exp. Psychol.», 1954, v. 47, p. 403—410.
- Poulton E. Peripheral vision, refractoriness and eye movements in fast oral reading.—«Brit. J. Psychol.», 1962, v. 53, p. 409—419.
- Pritchard R. Stabilized images on the retina.—«Scient. Am.», 1961, v. 204, p. 72—76.
- Rademaker C., Ter-Braak J. On the central mechanism of some optik reactions.—«Brain», 1948, v. 71, part I, p. 43.
- Rashbass C. The relationship between saccadic and smooth tracking eye movements.—«J. of Physiol.», 1961, v. 159, p. 326—338.
- Rashbass C., Westheimer G. Independence of conjugate and disjunctive eye movements.—«J. Physiol.», 1961, v. 159, p. 361—364.
- Ratliff R., Riggs L. Involuntary motions of the eye during monocular fixation.—«J. exp. Psychol.», 1950, v. 40, N 6, p. 681—701.
- Riggs L., Niehl E. Eye movements recorded during convergence and divergence.—«J. Opt. Soc. Amer.», 1960, v. 50, p. 913—920.
- Riggs L., Ratliff R., Cornsweet J. Disappearance of a steadily fixated visual test object.—«J. Opt. Soc. Amer.», 1953, v. 43, p. 495—501.
- Reudieger W. The field of distinct vision.—«Archiv. Psychol.», 1907.
- Robinson D. The oculomotor system: A review.—«Proc. I. E. E. E.», 1968, v. 56, N 6, p. 1032—1049.
- Robinson D. The mechanics of human saccadic eye movements.—«J. Physiol.», 1964, v. 174, p. 245—264.
- Robinson D. The mechanics of human smooth pursuit eye movement.—«J. Physiol.», 1965, v. 180, p. 569—591.
- Rubin E. Visuell wahrgenommene Figuren. Copengagen, 1921.
- Sanders A. The selective process in the functional visual field. Inst. for Perception, RVO—TNO, Soesterberg (Netherlands), 1963.
- Sampson P., Elkin E., Heriet J., Nelson R. Head and eye tracking in response to velocity and acceleration inputs.—«Rep. from Inst. of J. Exp. Psychol.», Tufts Univ., Medford, Mas., 1960, p. 45.
- Schumann F. Einige Beobachtungen uber die Zusammenfassung von Gesichtseindrucken zu Einheiten.—«Psychol. Study» (Schumann), 1904, v. 11, p. 1—32.
- Senders J. The human operator as a monitor and controller of multidegree of freedom system.—«J. E. E. E. Trans. Hum. Electr. Fact.», 1964, v. HFE-5, p. 2—5.
- Shackel B. Eye movements in a simple searching task.—«Ergonomics», 1961, N 4, p. 86.
- Sherrington C. Observations on the sensual role of the proprioceptive nerve-supply of the extrinsic ocular muscles.—«Brain», 1918, v. 41, p. 332.
- Sisson E. Eye movements and the Schroeder stair-figure.—«Amer. J. of Psychol.», 1935, v. 47, p. 309—311.

- Skavensky A., Steinman R. Control of eye position in the dark.—«*Vision Res.*», 1970, v. 10, N 2.
- Slotnick R. Adaptation to curvature distortion.—«*J. exp. Psychol.*», 1969, v. 81, p. 441—448.
- Sperling G. The information available in brief visual presentations.—«*Psychol. Monograph.*», 1960, v. 74, p. 11.
- Stark L. The control system for versional eye movements.—In: P. Bach-y-Rita, C. Collins (Eds.). *The control of eye movements*. N. Y.—London, 1971.
- Stark L., Vossins G., Young L. Predictive control of eye tracking movements.—«*I. E. E. Trans. Hum. Fact. Electr.*», 1962, v. HFE-3, N 2, p. 52—57.
- Steinbach M. Eye tracking of self-moved targets: The role of efference.—«*J. Exp. Psychol.*», 1969, v. 82, p. 366.
- Steinbach M., Held R. Eye tracking of observer-generated target movements.—«*Science*», 1968, v. 161, p. 187.
- Steinman R. Effect of target size, luminance and colour on monocular fixation.—«*J. Opt. Soc. Amer.*», 1965, v. 55, p. 1158—1169.
- Steinman R., Cunitz R. Fixation of targets near the absolute foveal threshold.—«*Vis. Res.*», 1968, N 8, p. 277—286.
- Steinman R., Cunitz R., Timberlane G., Herman M. Voluntary control of microsaccades during maintained monocular fixation.—«*Science*», 1967, v. 155, N 3769, p. 1577—1579.
- Steinman R., Haddad G., Skavenski A., Wyman D. Miniature eye movement.—«*Science*», 1973, v. 181, p. 810—819.
- Sunderhauf A. Untersuchungen über die Regelung der Augenbewegungen. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 1960, Bd. 136, S. 837—852.
- Tanner W., Swets G. A decision-making theory of visual detection.—«*Psychol. Rev.*», 1954, v. 61, p. 401—409.
- Taylor J. *The behavioral basis of perception*. New Haven: Yale Univ. Press, 1962.
- Taylor S. Eye movements in reading: Facts and fallacies.—«*Amer. Educ. Research J.*», 1965, N 7, p. 187—207.
- Taylor P., Birmingham H. Studies of tracking behavior, II.—«*J. Exp. Psychol.*», 1948, v. 38, N 6.
- Ter-Braak J. Untersuchungen über optokinetischen Nystagmus.—«*Arch. Neurol. Physiol.*», 1936, Bd 21, S. 309—376.
- Teuber H. L. Perception handbook of physiology, sect. 1, Neuropsychiol. 3, 1595.—«*Amer. Physiol. Soc.*», 1960.
- Tinker M. Time relations for eye measures in reading.—«*J. Educ. Psychol.*», 1947, N 38, p. 1—10.
- Tinker M. Recent studies of eye movement in reading.—«*Psychol. Bull.*», 1958, N 55, p. 215—231.
- Titchener E. *Experimental Psychology*. N. Y., 1906.
- Vince M. Corrective movements in a pursuit task.—«*Quart. J. of exp. Psychol.*», 1948, v. 1, part 2, p. 85.
- Volkman E. Vision during voluntary saccadic eye movements.—«*J. Opt. Soc. Amer.*», 1962, v. 52, p. 571—578.
- Wallin J. *Optical illusions of reversible perspectives*. N. Y., 1905.
- Walsh E. G. *Physiology of the nervous system*. London—N. Y.—Toronto, 1957.
- Welford A. Evidence of a single-channel decision mechanism limiting performance in a serial reaction task.—«*Quart. J. Exp. Psychol.*», 1959, № 9.

- Westheimer G. Eye movement responses to horizontally moving visual stimuli.—«Arch. Ophthalmol.», 1954, v. 52, p. 932—941.
- Westheimer G. Mechanism of saccadic eye movements.—«Arch. Ophthalmol.», 1954a, v. 52, p. 710—724.
- White C., Eason R., Bartlett N. Latency and duration of eye movements in the horizontal plane.—«J. Opt. Soc. Amer.», 1962, v. 52, N 2, p. 21.
- White C., Ford A. Eye movements during simulated radar search.—«J. Opt. Soc. Amer.», 1960, v. 50, p. 909—913.
- Whitteridge D. Central control of eye movements.—In: Handbook of neurophysiology. v. 11. Washington, 1960.
- Williams L. G. The effect of target specification of objects fixated during visual search.—«Acta Psychol.», 1967, v. 27, p. 355—360.
- Wolfe J. Mesodiencephalic and cerebral influences on optokinetic and vestibular nystagmus.—«Exp. Neurol.», 1969, v. 25, p. 24—34.
- Woodrow H. The effect of pattern upon simultaneous letter span.—«Amer. J. of Psychol.», 1938, v. 51, p. 83—96.
- Woodworth R., Schlosberg H. Experimental psychology. N. Y., 1958.
- Wurtz R. H. Visual cortex neurons: Response to stimuli during rapid eye movements.—«Science», 1968, v. 162, p. 1148—1150.
- Young L. A. sampled data model for eye tracking movements. Sc. D. Thesis, M. I. T., 1962.
- Young L., Green D. Adaptive dynamic response characteristics control.—«J. E. E. Trans. Hum. Fact. Electr.», 1964, v. HFE-5, p. 6—13.
- Young L., Stark L. A sampled data model for eye-tracking movements.—«Quart. Progr. Rep. Res. Lab. Electr. M. I. T.», 1962, N 66, p. 370—380.
- Young L., Forster J., Van Houtte N. A revised stochastic sampled data model for eye tracking movements.—In: Fourth Annual Nasa University Conference on manual Control, Ann Arbor, University of Michigan Press, 1968.
- Zimmer A. Die Ursachen der Inversionen mehrdeutiger stereometrischer Konturenzeichnungen.—«Z. Sinnesphys.», 1913, Bd 47, S. 106—158.
- Zuber B., Stark L. Saccadic suppression: Elevation of visual threshold associated with saccadic eye movements.—«Exp. Neurol.», 1966, v. 16, N 1, p. 65—79.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОТ АВТОРА	3
ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА I. Работа глаза как двигательного ор- гана	15
§ 1.1. Задачи фиксации неподвижного объ- екта	18
§ 1.2. Задачи слежения за движущимся объектом	27
§ 1.3. Задачи перевода взора или наведе- ния глаз на объект	38
§ 1.4. Исследование глазного слежения за рабочей точкой руки	45
§ 1.5. «Собственные двигательные шумы» глаз	53
§ 1.6. Глаз и рука: взаимная передача функций	64
ГЛАВА II. Движения глаз при решении зри- тельных задач	69
§ 2.1. Временные характеристики саккади- ческих движений глаз	77
§ 2.2. О функциях движений глаз в задаче различения	82
§ 2.3. Движения глаз при восприятии об- рашающихся фигур	92
§ 2.4. Исследование зоны опознания и опе- ративного поля зрения	100
ГЛАВА III. Исследование движений глаз при ре- шении ручных двигательных задач	113
§ 3.1. Движения глаз при организации точ- ностных движений руки	118
§ 3.2. Глазодвигательные аспекты процес- са ручного слежения	129
§ 3.3. Анализ одной перцептивной иллюзии в задаче ручного слежения	137
ГЛАВА IV. Фиксационные движения глаз и их связь с деятельностью	141
§ 4.1. Фиксационный оптокинетический ни- стагм и его механизмы	144
§ 4.2. ФОКН при решении задач разных модальностей	158

§ 4.3. Уровни следящих движений глаз при решении задач разных модальностей	165
§ 4.4. Зависимость ФОКН от свойств зрительного перцептивного процесса	177
§ 4.5. ФОКН как показатель участия зрения в регуляции движений	192
§ 4.6. Исследование единиц графической деятельности	202
ГЛАВА V. Движения глаз в деятельности человека	212
§ 5.1. Глаз как двигательный орган	212
§ 5.2. Движения глаз и активность зрительного восприятия	224
§ 5.3. Движения глаз в незрительных видах деятельности	229
§ 5.4. О единицах деятельности и их исследовании	235
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	239
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	240
ЛИТЕРАТУРА	241

ГИППЕНРЕЙТЕР ЮЛИЯ БОРИСОВНА
ДВИЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ГЛАЗА

Зав. редакцией *Г. С. Ливанова*
 Редактор *И. И. Шевцова*
 Художник *Е. А. Михельсон*
 Художественный редактор *Н. Ю. Калмыкова*
 Технический редактор *З. С. Кондрашова*
 Корректоры *Л. А. Костылева, Н. В. Тютин*

Тематический план 1977 г. № 6. ИБ № 296.
 Сдано в набор 17/III 1977 г. Подписано к печати 5/I 1978 г. Л 78156.
 Формат 84×108¹/₃₂. Бумага тип. № 2. Физ. печ. л. 8,0. Усл. печ. л. 13,44.
 Уч.-изд. л. 14,29. Изд. № 3147. Зак. 261. Тираж 7460 экз. Цена 1 р. 20 к.

Издательство Московского университета. Москва, К -9, ул. Герцена, 5/7.
 Полиграфическое объединение «Полиграфист» Управления издательств, полиграфии и книжной торговли Мосгорисполкома.
 Москва, ул. Макаренко, 5/16.